



Institut de recherche  
pour le développement

A photograph of a vast, flat landscape under a clear blue sky. The foreground is dominated by tall, golden-brown grasses. In the middle ground, there is a small cluster of palm trees and other vegetation. The horizon is flat and distant.

# TIERRAS LLANERAS DE VENEZUELA

Jean Marie Hétier  
Roberto López Falcón  
Compiladores

# TIERRAS LLANERAS DE VENEZUELA

Serie: Suelos y Clima  
SC-77

Jean Marie Hétier  
Roberto López F.

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN  
AMBIENTAL Y TERRITORIAL  
CIDIAT  
Apartado Postal 219  
Mérida, Venezuela

Título de la obra: Tierras Llaneras de Venezuela

Compiladores: Jean Marie Hétier  
Roberto López Falcón

©CIDIAT

Primera Edición

HECHO EL DEPÓSITO DE LEY  
**Depósito Legal LF749203800752X**

ISBN: 980-6483-14-6

Diagramación Digital y diseño de la portada: Carolina Briceño T.  
Grabado en el Laboratorio de Informática del CIDIAT  
Mérida, Venezuela  
2003

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
PRESENTACIÓN.....	xvii
Español.....	xvii
Francés.....	xli
Inglés.....	lxvii
COLABORADORES.....	xci
SIGLAS Y CLAVES.....	xciii
PRIMERA PARTE: LOS INVENTARIOS.....	1
CAPITULO 1.....	3
EVOLUCIÓN DEL POBLAMIENTO EN LOS LLANOS VENEZOLANOS: PERÍODOS DEL DESCUBRIMIENTO, CONQUISTA Y COLONIZACIÓN	3
Introducción.....	3
El proceso del descubrimiento.....	4
Primer Acto Administrativo del País. La compañía Welser.....	5
Nuevos descubrimientos y el proceso de conquista.....	6
Continuación del proceso de fundación de ciudades en el marco de la colonia durante los siglos XVII y XVIII. Las encomiendas y las misiones..	9
Segundo Acto Administrativo de relevancia histórica.....	13
Situación durante el último siglo colonial.....	14
La sociedad llanera.....	17
Bibliografía.....	18
CAPITULO 2.....	19
BOSQUES DE LOS LLANOS DE VENEZUELA: CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE SU ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA.	19
Introducción.....	19
Llanos Occidentales.....	22
Piedemonte Andino.....	23
Llanos Occidentales intermedios.....	24
Llanos Occidentales bajos o meridionales.....	27
Llanos Centrales.....	29
Llanos Centrales altos y bajos.....	29
Llanos Orientales.....	31
Consideraciones Finales.....	33
Agradecimiento.....	36
Bibliografía.....	37
CAPITULO 3.....	49
FAUNA DE LAS TIERRAS LLANERAS.....	49
Introducción.....	49
Las sabanas y su fauna asociada.....	50

## CONTENIDO (Continuación)

	Pág.
Formas de las sabanas de banco, bajío y estero.....	50
Sabanas de banco-bajío-estero, al sur del río Apure.....	51
Lagunas, esteros y bajíos.....	51
Bancos de sabanas.....	53
Bosques de galería y matas.....	54
Caños y ríos.....	56
Las sabanas de banco-bajío-estero al norte del río Apure.....	57
Fauna de las sabanas de <i>Paspalum fasciculatum</i> .....	58
Fauna de las sabanas de <i>Trachypogon</i> .....	59
Fauna de los morichales y bosques ribereños.....	61
Fauna silvestre asociada a bosques.....	62
Fauna de los bosques húmedos de los Llanos Occidentales	63
Fauna de los bosques secos deciduos y semideciduos de los Llanos Centrales y Orientales.....	67
Conclusión.....	68
Bibliografía.....	69
SEGUNDA PARTE: LA SITUACIÓN CLIMÁTICA Y EDÁFICA ACTUAL.....	73
CAPITULO 4.....	75
RASGOS CLIMÁTICOS DE LOS LLANOS DE VENEZUELA.....	75
Introducción.....	75
Características generales.....	76
Subregiones climáticas.....	77
Principales rasgos agro-climáticos.....	79
Evidencias de paleoclimas.....	82
Conclusión.....	84
Bibliografía.....	85
CAPITULO 5.....	89
GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS DE LOS LLANOS VENEZOLANOS.....	89
Introducción.....	89
Delimitación y características generales de las tierras llaneras.....	90
Principales unidades geográficas.....	90
Origen geológico y evolución geomorfológica de la región de los Llanos	91
Historia geológica.....	91
Evolución y características geomorfológicos.....	93
Efectos de la evolución paleoclimática.....	95
Los campos de dunas.....	97
El Holoceno.....	99
Definición y descripción de los paisajes geomorfológicos del Llano.....	100

## CONTENIDO (Continuación)

	<b>Pág.</b>
Planicies aluviales.....	100
Planicie de desborde.....	101
Formas de terreno de la llanura de desborde.....	101
Los bancos.....	101
Los bajíos.....	101
Los esteros.....	102
Las lagunas y pantanos.....	102
Los orillares.....	102
Los desparramaderos.....	102
Los cauces abandonados.....	103
Posiciones geomorfológicas de la llanura de desborde.....	103
Planicies de explayamiento.....	104
Los ejes y napas de explayamiento.....	104
Los explayamientos de ruptura.....	105
Planicies eólicas.....	105
Los médanos o dunas.....	105
Los altos.....	106
Los planos.....	106
Los bajos.....	107
Las cañadas.....	107
Los rebordes.....	107
Las lagunas y pantanos.....	107
Altiplanicie.....	107
Paisaje colinar.....	108
Los valles.....	109
Suelos de las planicies aluviales.....	109
Planicies aluviales actuales.....	110
Planicie actual con desborde parcial de la región de San Camilo (A1)..	110
Planicie actual con desborde parcial del bajo Apure (A2).....	113
Planicie actual con desborde total del bajo Apure (A3).....	116
Planicie actual con desborde parcial ríos Acarigua-San Carlos (A4)....	118
Vega del río Orinoco (A5) .....	120
Planicies aluviales recientes.....	121
Planicie reciente y actual entre los ríos Suripá y Arauca (RA1).....	122
Planicie reciente y actual entre los ríos Uribante y Acequia (RA2).....	122
Planicie reciente y actual entre los ríos Acequia y Acarigua (RA3).....	123
Planicie reciente y actual del bajo llano (RA4).....	125
Planicie reciente y actual entre los ríos Acarigua y San Carlos (RA5)...	126

## CONTENIDO (Continuación)

	<b>Pág.</b>
Planicie reciente y actual entre los ríos Tinaco y Guárico (RA6).....	127
Planicie reciente y actual de los Llanos de Monagas (RA7).....	128
Planicie reciente del Alto Apure (R1).....	129
Planicie reciente y del Pleistoceno de los Llanos de Monagas (R2).....	130
Planicies aluviales del Pleistoceno.....	131
Planicie del Pleistoceno del río Santo Domingo (P1).....	132
Planicie del Pleistoceno de Ticoporo (P2).....	134
Planicie del Pleistoceno del alto Apure (P3).....	136
Planicie del Pleistoceno del río Orinoco (P4).....	138
Planicie del Pleistoceno entre los ríos Guárico y Guariquito (P5).....	139
Planicie del Pleistoceno entre los ríos Guariquito y Manapire (P6).....	140
Planicie del Pleistoceno de los Llanos de Monagas (P7).....	142
Planicie de Pleistoceno con médanos (PM).....	143
Planicie de Pleistoceno con corazas ferruginosas (PC).....	144
Suelos de las planicies eólicas.....	145
Suelos de las planicies eólicas con médanos.....	145
Planicies con médanos poco inundada (M1).....	146
Planicies con médanos parcialmente inundada (M2).....	147
Suelos de las planicies eólicas limosas.....	147
Planicie eólica limosa de Apure meridional (L).....	147
Suelos de las altiplanicies.....	149
Suelos de las altiplanicies de los Llanos Orientales.....	149
Altiplanicie poco disectada (AP1).....	150
Altiplanicie disectada (AP2).....	154
Altiplanicie disectada y escarpada (AP3).....	155
Suelos de las altiplanicies de los Llanos Centrales.....	155
Altiplanicie disectada de los Llanos Centrales (AP4).....	156
Altiplanicie disectada de los Llanos Centro-Occidentales (AP5).....	157
Suelos de la altiplanicie de Apure meridional.....	160
Suelos de paisajes colinares.....	163
Colinas sobre rocas metamórficas e ígneas (C0).....	164
Colinas con coberturas del Cuaternario.....	165
Colinas bajas (C1).....	165
Colinas bajas con corazas ferruginosas (C2).....	165
Colinas y planos (C3) .....	166
Colinas y planos con médanos (C4).....	167
Colinas sobre rocas sedimentarias del Terciario.....	168
Vocación agropecuaria y forestal de las tierras llaneras.....	171
Bibliografía.....	173

## CONTENIDO (Continuación)

	<b>Pág.</b>
CAPITULO 6.....	183
DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS LLANEROS VENEZOLANOS.....	183
Introducción.....	183
Degradación del suelo: los procesos y su expresión en las tierras llaneras...	185
Erosión eólica.....	186
Definición del proceso.....	186
Regiones afectadas.....	186
Erosión hídrica.....	189
Definición del proceso.....	189
Regiones afectadas.....	190
Compactación del suelo.....	193
Definición del proceso.....	193
Regiones afectadas.....	193
Sellado y encostramiento.....	194
Definición del proceso.....	194
Regiones afectadas.....	195
Excesos de humedad y anaerobiosis.....	197
Definición del proceso.....	197
Regiones afectadas.....	198
Agotamiento de nutrientes.....	200
Definición del proceso.....	200
Acidificación del suelo.....	202
Definición del proceso.....	202
Contaminación del suelo.....	206
Definición del proceso.....	206
Regiones afectadas.....	206
La subsidencia y sulfato oxidación de los suelos orgánicos.....	208
Definición del proceso.....	208
Regiones afectadas.....	209
Salinización.....	209
Definición del proceso.....	209
Regiones afectadas.....	210
Degradación biológica del suelo.....	212
Definición del proceso.....	212
Regiones afectadas.....	212
Conclusiones.....	214
Bibliografía.....	215



## CONTENIDO (Continuación)

	Pág.
TERCERA PARTE: AGRICULTURA Y FERTILIZACION DE LOS SUELOS LLANEROS.....	219
CAPITULO 7.....	221
CICLOS DE LOS NUTRIENTES EN LOS SUELOS CULTIVADOS.....	221
Introducción.....	221
Definiciones de la fertilidad y de la fertilización.....	222
Fertilidad.....	222
Fertilización.....	222
Funcionamiento del sistema suelo-planta.....	223
El sistema suelo-raíces.....	223
Principales diferencias entre cultivos anuales y praderas permanentes.....	224
Los ciclos.....	225
El ciclo del agua.....	226
Los ciclos de nutrientes y la modelización.....	231
El ciclo de la materia orgánica.....	232
Entrada al sistema.....	234
Residuos de cosecha.....	234
Biomasa microbiana.....	237
Conclusiones: entradas y reservas orgánicas, carbono y nitrógeno.....	237
El ciclo del nitrógeno.....	238
Entradas y salidas.....	238
Volatilización.....	240
Desnitrificación.....	240
Lixiviación, lavado y escurrimiento.....	241
Riesgos ligados al consumo de nitratos.....	241
El ciclo interno del nitrógeno: “Mineralización-Inmovilización Turnover”... Tiempo de residencia del nitrógeno en la solución del suelo.....	241 242
La mineralización bruta y neta.....	243
La inmovilización bruta y neta.....	244
Estabilidad del nitrógeno inmovilizado.....	245
Papel de las raíces.....	245
Conclusiones: importancia de los flujos brutos de nitrógeno.....	247
Ciclo del azufre.....	248
Ciclo del fósforo.....	250
Evolución del conocimiento sobre el fósforo disponible.....	250
Descripción del ciclo del fósforo en el suelo.....	253
Entrada y solución del suelo.....	253
El fósforo mineral.....	255
Biomasa microbiana.....	255

## CONTENIDO (Continuación)

	<b>Pág.</b>
Salidas por escorrentía o lavado.....	256
Efectos rizosféricos.....	256
Conclusiones.....	257
El ciclo del potasio.....	258
Descripción del ciclo potasio: planta, residuos vegetales y solución del suelo.....	259
El potasio intercambiable e interlaminar en las arcillas.....	260
Las reservas minerales.....	262
Los feldespatos.....	262
Las filitas.....	262
Consecuencias agronómicas.....	263
Conclusiones.....	265
Otros ciclos de elementos nutritivos o tóxicos.....	266
Ciclos del calcio y magnesio.....	267
Descripción del ciclo .....	267
El magnesio.....	268
El calcio.....	269
Ciclos del Hierro, Aluminio y Manganeso.....	270
El hierro.....	270
El aluminio.....	270
Ciclo de los oligoelementos.....	273
Micro-nutrientes.....	273
Tóxicos.....	274
Conclusiones generales.....	275
Bibliografía.....	276
CAPITULO 8.....	293
FACTORES LIMITANTES DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS LLANEROS.....	293
Introducción.....	293
Detección de los factores limitantes.....	293
Comparación con situaciones similares.....	293
Análisis de suelo.....	294
Observación del perfil radical.....	295
Observaciones de las propiedades físicas del suelo.....	295
Estudios morfológicos y micro-morfológicos.....	296
Esgurrimiento superficial, erosión y sellado.....	297
Desarrollo de la modelización.....	297
Intervención sobre los factores limitantes.....	298
Tipos de labranza.....	298

## CONTENIDO (Continuación)

	<b>Pág.</b>
Fase de preparación de tierra.....	298
Tipo de labranza y compactación.....	298
Cero labranza o siembra directa.....	301
Actividades macro y micro-biológicas en el suelo.....	302
Fijación biológica del nitrógeno.....	302
Adición y movilización de nutrientes.....	303
Fertilización nitrogenada.....	303
Características específicas del ciclo del nitrógeno en los llanos.....	303
Eficiencia del fertilizante nitrogenado.....	304
Rol de la planta.....	305
Contribución del amonio y de los nitratos.....	306
Conclusiones sobre la fertilización nitrogenada.....	307
Fertilización fosfórica.....	307
Parámetros de la dinámica del fósforo.....	308
Papel de la materia orgánica.....	308
Uso de los fosfatos naturales.....	310
Factores de disolución del fósforo.....	312
Calibración de reactivos.....	313
Conclusiones sobre fertilización fosfórica.....	313
Fertilización potásica.....	313
Encalado.....	314
Aportes de nutrientes por los residuos vegetales.....	316
Micronutrientes.....	317
Eliminación o neutralización de elementos tóxicos.....	318
Acidez, aluminio y toxicidad.....	318
Interacciones entre ciclos: hacia un manejo integrado de la fertilización.....	319
Interacciones N, P, K.....	320
Interacciones P, Ca, Zn.....	321
Conclusiones.....	324
Bibliografía.....	327
<b>CAPITULO 9</b>	
<b>POLÍTICAS DE DISTRIBUCIÓN Y USO DE LOS FERTILIZANTES PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN VENEZUELA: PASADO Y PRESENTE.....</b>	
Introducción.....	335
Producción y productividad agrícola en Venezuela.....	336
Evolución de la industria de los fertilizantes en Venezuela.....	338
Políticas del pasado y actuales en materia de fertilización: los subsidios a los fertilizantes.....	339

## CONTENIDO (Continuación)

	Pág.
Efecto de las políticas pasadas en materia de fertilización: ejemplo del maíz.	342
Ejemplo de un uso eficiente de fertilizante: recuperación de pasturas degradadas.....	344
Conclusión: necesidad de cambiar los conceptos de fertilidad y fertilización.	345
Bibliografía.....	346
CAPITULO 10.....	349
LAS POLÍTICAS AGRÍCOLAS DE FERTILIZACIÓN Y SU EVOLUCIÓN	349
Introducción.....	349
Políticas de producción y comercialización.....	350
Estructuración productiva e institucional.....	350
Políticas de subsidio.....	353
Políticas de transferencia tecnológica.....	355
La fertilización en el cambio tecnológico.....	357
Demanda y oferta tecnológica.....	357
Características de la oferta tecnológica.....	357
Características de la demanda tecnológica: macro y micro perspectivas...	359
Papel mediador del agente técnico.....	361
La difusión del conocimiento científico y tecnológico sobre fertilidad y fertilización.....	363
La tecnología agrícola.....	363
Extensión agrícola y asistencia técnica.....	365
Historia de la transmisión de conocimientos en materia de fertilización...	365
Conclusiones.....	371
Bibliografía.....	372
CAPITULO 11.....	374
EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ARROZ EN LOS LLANOS OCCIDENTALES DE VENEZUELA.....	374
Introducción.....	374
Análisis del sistema de producción de arroz: productividad, rentabilidad....	377
Desarrollo de la fertilización y del riego en el cultivo de arroz en los Llanos Occidentales.....	377
Resultados de experimentos de fertilización del cultivo de arroz en los Llanos Occidentales.....	379
Fertilización nitrogenada.....	379
Comparación de variedades.....	380
Papel de la modelización, ejemplo de aplicación.....	382
Aplicación del modelo de simulación CERES-rice.....	383
Ejemplo de simulación del sistema de producción de arroz en los Llanos Occidentales.....	383

## CONTENIDO (Continuación)

	<b>Pág.</b>
Condiciones experimentales.....	383
Comparación de resultados obtenidos y de simulaciones.....	384
Análisis económico.....	386
Recomendaciones para incrementar la sostenibilidad del sistema.....	387
Conclusiones.....	389
Bibliografía.....	389
CAPITULO 12.....	393
REPRESENTACIONES SOCIALES Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN EL SECTOR AGRÍCOLA.....	393
Introducción.....	393
Intervención, acción social, desarrollo y cambio social: sus lógicas y confusiones.....	394
Transferencia de tecnología y sustentabilidad agrícola: tentativas de abordaje a la complejidad del contexto.....	397
La transferencia tecnológica y sus principales connotaciones.....	397
Extensión y sustentabilidad agrícola: alcances y dificultades.....	399
El proceso de comunicación y sus nuevas orientaciones.....	401
Las representaciones sociales en la relación hombre-naturaleza.....	402
Relación sociedad-hombre-naturaleza.....	404
Representaciones sociales de la fertilidad y de la fertilización de los suelos	406
Bases teóricas.....	407
Material de estudio.....	408
Selección del discurso escrito.....	408
Selección del discurso oral.....	409
Procedimientos metódicos.....	410
Estudio de la dimensión colectiva: dominio de lo social.....	412
Estudio de la dimensión individual: plano del conocimiento.....	414
Resultados: comparación de los discursos escrito y oral sobre fertilidad y fertilización.....	417
Dimensión colectiva del discurso escrito y oral.....	417
Discurso escrito: Distribución de variables de la dimensión colectiva en fertilidad y fertilización.....	419
Discurso oral: Dimensión colectiva y pertenencia social de los sujetos entrevistados.....	420
Dimensión individual del discurso escrito y oral: Plano del conocimiento.	423
Modalidades del razonamiento en el discurso escrito.....	423
Modalidades del razonamiento en el discurso oral y su relación con la pertenencia social.....	425

## CONTENIDO (Continuación)

	<b>Pág.</b>
Visualización gráfica de la dimensión colectiva y del plano del conocimiento del discurso escrito y del discurso oral.....	428
Conclusiones.....	432
Bibliografía.....	433
CAPITULO 13.....	439
LA DEMANDA TECNOLÓGICA DEL SECTOR AGRÍCOLA, LLANOS OCCIDENTALES, ESTADO PORTUGUESA, VENEZUELA.....	439
Introducción.....	439
Metodología.....	443
Antecedentes.....	443
Esquema metodológico.....	444
Resultados.....	447
Maíz – Portuguesa. Demanda tecnológica y jerarquización de los problemas tecnológicos que inciden en la producción y productividad del cultivo.....	447
Factores tecnológicos.....	452
Nutrición y fertilización.....	452
Fertilizantes convencionales.....	452
Apoyo técnico.....	453
Semilla.....	454
Calidad de semilla.....	454
Potencial genético.....	455
Uso y manejo de suelos y agua.....	455
Sistema de labranza.....	455
Drenaje.....	456
Técnicas y prácticas conservacionistas.....	456
Siembra.....	456
Selección del cultivar.....	456
Época de siembra.....	457
Problemas que inciden en la rentabilidad del maíz en Portuguesa.....	457
Factores que inciden en la producción y productividad del maíz en Portuguesa.....	459
Conclusiones en el rubro de maíz en Portuguesa.....	459
Recomendaciones.....	461
Arroz-Portuguesa. Demanda tecnológica y jerarquización de los problemas tecnológicos que inciden en la producción y productividad del cultivo.....	462
Factores tecnológicos.....	462
Semilla.....	467
Calidad.....	467
Potencial genético.....	467

## CONTENIDO (Continuación)

	<b>Pág.</b>
Nutrición y fertilización.....	467
Fertilizantes.....	467
Apoyo técnico.....	468
Siembra y plantación.....	468
Selección del cultivar.....	468
Época de siembra.....	468
Uso y manejo de suelos y aguas.....	468
Problemas que inciden en la rentabilidad del arroz en Portuguesa.....	469
Conclusiones sobre arroz en Portuguesa.....	471
Recomendaciones.....	471
Pasto en Portuguesa.....	473
Conclusiones.....	475
Bibliografía.....	476
APÉNDICES.....	479
Apéndice Capítulo 4.....	481
Figura 1.....	483
Apéndice Capítulo 5.....	485
Parte I.....	487
Definiciones simplificadas de órdenes, subórdenes y grandes grupos de suelos	487
ALFISOLES.....	487
ENTISOLES.....	488
HISTOSOLES.....	490
INCEPTISOLES.....	490
MOLLISOLES.....	492
OXISOLES.....	492
ULTISOLES.....	494
VERTISOLES.....	496
Parte II.....	499
Cuadro 5.1.....	499
Cuadro 5.2.....	500
Cuadro 5.3.....	501
Cuadro 5.4.....	502
Cuadro 5.5.....	503
Cuadro 5.6.....	504
Cuadro 5.7.....	505
Cuadro 5.8.....	506
Cuadro 5.9.....	507
Cuadro 5.10.....	508
Cuadro 5.11.....	509

## CONTENIDO (Continuación)

	<b>Pág.</b>
Cuadro 5.12.....	510
Cuadro 5.13.....	511
Cuadro 5.14.....	512
Cuadro 5.15.....	513
Cuadro 5.16.....	514
Cuadro 5.17.....	515
Cuadro 5.18.....	516
Parte III.....	517
Mapa de paisajes geomorfológicos y asociaciones de suelo.....	517
Asociaciones de subórdenes de suelos en el mapa de paisajes geomorfológicos.....	518
Apéndice Capítulo 13.....	521
Fotografías de los Llanos venezolanos.....	535
INDICE DE AUTORES CITADOS.....	543





## PRESENTACIÓN

*Jean Marie Hétier*

El suelo constituye una frontera frágil entre biosfera y litosfera (Sarmiento, 1980). En esta frágil interface intervienen las actividades agrícolas organizadas para producir bienes de consumo inmediato sin poder evitar, en general, el posterior deterioro de los suelos, componente esencial de los sistemas de producción agrícola. Los suelos llaneros de Venezuela no escapan a esta regla general cuyas consecuencias arruinaron muchas civilizaciones del pasado. El problema actual de las tierras llaneras consiste en pasar de la era de la explotación de los suelos (a veces llamada agricultura minera) a la era de la gestión de los suelos. Una adecuada gestión de los suelos consiste en combinar, de manera armónica, su productividad actual con la del futuro. Esta exigencia es válida tanto para las sabanas peri-amazónicas (Nicholaidis, Bandy *et al.* 1983) como para el resto del mundo (Huntley, 1982).

Para iniciar esta presentación de las Tierras Llaneras de Venezuela es indispensable, para el lector foráneo que no conoce presencialmente la región, recordar brevemente la tradición nacional del conuco que es la versión venezolana del cultivo itinerante de tipo tala y quema o “shifting agriculture”. Esta tradición fue establecida en un tiempo cuando los espacios de sabana parecían prácticamente ilimitados con relación a una población muy reducida

que podía, sin dificultad, mudar los lugares de cultivo y organizar barbechos de larga duración. Actualmente, dicha tradición existe sólo como reliquia en zonas marginales del país (Avilan-Rovira, 1986), sin embargo, está presente aún en la memoria colectiva del mundo agrícola venezolano y sigue condicionando muchos comportamientos (Pouyllau, 1992). De hecho, la primera característica de los llanos venezolanos es su extensión que representa la cuarta parte



(250.000 km<sup>2</sup>) de la superficie total del país.

En esta área, todavía muy amplia, a la escala del agricultor, las actividades agrícolas siguen ocupando espacios muy variables en función de la coyuntura nacional e internacional. En Venezuela, las actividades agrícolas pasaron durante estos últimos cincuenta años, por una serie de ciclos donde la expansión y la contracción pueden haber hecho variar, por ejemplo, la producción de arroz entre 1 y 2 mil km<sup>2</sup>, la de sorgo entre 2 y 3 mil km<sup>2</sup>, y la de maíz entre 3 y 4 mil km<sup>2</sup>. En total, se puede estimar que los cultivos anuales ocupan un poco más de un millón de hectáreas, o sea un 5% del total de los llanos venezolanos. A esta superficie dedicada a estos cultivos anuales, hay que agregar, aproximadamente, cinco millones de hectáreas de pastos cultivados. Ello nos lleva a la conclusión que, en la actualidad, sólo 15 a 20% de las tierras llaneras son ocupadas por actividades agrícolas.

La agricultura llanera fue y será uno de los pilares de la agricultura venezolana, pero su variabilidad espacial e interanual demuestra que todavía no se ha estabilizado, y que está lejos de haber ocupado todo el espacio disponible. Su ocupación y la estabilización de la producción agrícola adaptada será una de las metas de las nuevas generaciones de agricultores, a los cuales les corresponde la tarea de ocupar lo más racionalmente posible este espacio, llevándolo a un nivel de alta productividad estable y duradera. Tal ocupación del espacio llanero no podrá realizarse si no se apoya en un conocimiento suficiente del medio natural y de su evolución bajo efecto de las actividades agrícolas.

La evolución agrícola de las zonas de sabana primaria debe ser estudiada con relación a las características específicas de los ecosistemas de sabana. Al inicio del estudio científico de las sabanas venezolanas, no se solía hacer una separación clara entre la descripción del medio natural y su uso agrícola (Tamayo, 1964). Este tipo de confusión obstaculiza los esfuerzos de abstracción y conceptualización, y desvía el análisis científico hacia un callejón empírico. Luego, un estudio más científico de este medio natural llegó a concluir que su productividad está generalmente limitada, a veces por sequía, a veces por exceso de humedad, siempre por escasez de nutrientes y a menudo por el efecto recurrente del fuego (Sarmiento, 1984). La combinación de estos factores permitió construir una clasificación más lógica y coherente que todavía no ha sido cuestionada.

El conocimiento de los factores de productividad permite, también, entender que las sabanas suelen presentar estrategias paradójicas para producir, naturalmente, grandes cantidades de biomasa (Abbadie, Lepage, *et al.*, 1996). Tales estrategias deben inspirar en sus acciones al agricultor usuario de las tierras. Por ejemplo, se sabe desde más de treinta años que la soya da muy buenos resultados en los suelos llaneros al favorecerse su nodulación por una adecuada fertilización fosfórica (Silva, 1973), manera original y eficiente de valorizar la fijación simbiótica. Existen entonces razones, ajenas a la lógica agro-ecológica, que explican que este cultivo nunca ha sido verdaderamente desarrollado en Venezuela; la casi totalidad de la soya consumida en el país es importada. Otro ejemplo, lo constituye el hecho que una parte considerable del actual espacio agrícola llanero ha sido el resultado de una deforestación indiscriminada. En consecuencia, el desarrollo agroforestal debería constituir una de las vías prioritarias a explorar con miras a aumentar la producción y la productividad de las tierras llaneras (Espinoza, 1996).

En el presente libro, los lectores venezolanos encontrarán varios inventarios de recursos naturales y una síntesis de conocimientos esenciales que deberían ayudarlos a orientar, tanto las investigaciones futuras como los programas de ordenación territorial venideros. Los lectores de otros países encontrarán a disposición, una multitud de información, otrora prácticamente inaccesible por su dispersión en documentos de difusión restringida. A todos se les da, así, la posibilidad de formarse una idea más exacta del potencial agrícola, turístico e industrial de esta región privilegiada en muchos aspectos. Para que este libro pudiera cumplir su doble finalidad, fue necesario apoyarse en la diversificada y abundante literatura sobre las tierras llaneras, que muchos autores han producido, durante el último medio siglo. Debe acortarse que el espacio y el tiempo asignado, para la realización de la presente obra, dificultó toda pretensión de exhaustividad frente a la literatura existente sobre el tema. Sin embargo, esperamos que la literatura seleccionada, proporcione una visión de las tierras llaneras que, aunque incompleta e imperfecta, sea global y pluridimensional para hacer de este libro una herramienta para muchos tipos de usuarios.

## **PRIMERA PARTE: LOS INVENTARIOS**

La primera parte contempla tres tipos de inventarios. Los inventarios constituyen la primera etapa de toda construcción científica la cual se va

haciendo, paso a paso, a partir de preguntas y planteamientos progresivamente más específicos. Esta etapa es imprescindible y tan importante como las siguientes.

El primer capítulo histórico se puede considerar como un inventario cronológico de los hechos que estructuraron el poblamiento de las tierras llaneras después de su descubrimiento y exploración progresiva por los conquistadores europeos. En 1550, según el historiador Brito Figueroa, los conquistadores y sus descendientes formaban una población de 2000 blancos frente a 5000 esclavos negros y 300.000 indígenas. Doscientos años después, sólo quedaban 120.000 indígenas superados por más de 200.000 blancos dueños de 60.000 esclavos negros, y más de 400.000 mestizos libres. Estas cifras suponen toda una historia larga y compleja de la cual no queda casi documentación escrita.

Luego, viene un inventario botánico que se dirige, en prioridad, a los bosques pero sin olvidarse de las sabanas primarias que ya formaban la mayor parte del territorio al inicio del período histórico referido.

El inventario de fauna completa esta parte, la cual interesará a los lectores que buscan informaciones básicas existentes pero demasiado dispersas, lo que las hace inaccesibles al público científico en general.

### ***Capítulo 1. Evolución del poblamiento en los Llanos venezolanos: períodos del descubrimiento, conquista y colonización (Roberto Hidalgo, MARN)***

La evocación de la historia de la ocupación de los llanos por los conquistadores europeos descansa básicamente sobre escasos documentos tipo calendarios de viajes y enumeración de eventos (como fundación de diversos tipos de poblaciones) carente de información producto del análisis de la realidad geográfica y social de las regiones exploradas. Después del fracaso inicial de la Compañía Welser contratada por la corona española, estas exploraciones fueron organizadas por los colonizadores en su búsqueda inicial de riquezas naturales (perlas, mineros y oro) y de esclavos requeridos como mano de obra para las islas caribeñas. Los documentos administrativos de los siglos XVI y XVII no son documentos que dan cuenta del estado inicial de los llanos explorados por los primeros europeos. Se sabe solamente de hechos relevantes tal como la finalización del período inicial de conquista, al final del

siglo XVI, por la fundación de Guanare, pero casi nada de la vida cotidiana de las poblaciones que iban ocupando progresivamente el país.

Al contrario, el último siglo de la colonización dejó una documentación suficiente para describir algunos rasgos de la organización territorial y social de las poblaciones llaneras poco antes de las guerras de independencia. Las encomiendas, los hatos y las misiones constituyeron tres modalidades de apropiación de las tierras y de sujeción de las poblaciones al servicio de los colonizadores cuya actividad giraba alrededor de la ganadería y del cultivo del cacao, del café y del tabaco. La organización administrativa de la Capitanía General de Venezuela al final del siglo XVIII precede tres décadas caracterizadas por el desarrollo de las guerras de independencia. En la primera década del siglo XIX la población de Venezuela se acercaba al millón de habitantes, concentrándose el 70 % en las regiones costeras y montañosas donde se asentaba una sociedad de derecho escrito de estilo español. La población llanera estaba constituida por 200.000 personas criollas y mestizas y 100.000 indígenas libres, siendo en su mayoría parte de una sociedad de tradición oral donde dominaba el más fuerte. Faltaría explorar la documentación existente en Venezuela y en España para tratar de saber cual era la representación de las tierras llaneras que tenían estas poblaciones, y como concebían el desarrollo de la producción agrícola.

## ***Capítulo 2. Bosques de los Llanos de Venezuela: consideraciones generales sobre su estructura y composición florística (Gerardo Aymard, UNELLEZ)***

La descripción de la vegetación natural de bosque consiste, esencialmente, en una recopilación detallada de varios inventarios botánicos realizados dentro de las pocas reservas forestales y agrupados por sub-regiones fisiográficas dentro de la división geográfica tradicional en llanos occidentales, centrales y orientales. Actualmente, son muy escasas las grandes extensiones de bosques en la región de los llanos venezolanos. En el sector de los Llanos Occidentales y Centrales, los bosques húmedos han venido desapareciendo rápidamente a causa de explotaciones madereras desordenadas, asociadas a procesos de invasión, quema y destrucción total para fines agropecuarios. Se trata de una reducción de la superficie forestal que inicialmente se estima en 25% de los llanos y ahora queda del orden de 5%, cubierta de bosques semi-decíduos y de galería.

Luego de estos inventarios, el autor propone, en sus consideraciones finales, elementos de interpretación fito-geográficos de la situación actual revelando la subsistencia de elementos amazónicos dentro de una flora dominante caribeño-llanera sin mucho endemismo. Insiste sobre la urgente necesidad de implementar enérgicas medidas de protección para evitar la pérdida total de los actuales vestigios de los bosques llaneros, a saber: 3000 km<sup>2</sup> de bosques deciduos, brevideciduos y siempreverdes (o sea aproximadamente el 1% de los llanos) sin hablar de los bosques de galería ni de las plantaciones.

### ***Capítulo 3. Fauna de las tierras llaneras (Antonio Utrera, UNELLEZ)***

Este capítulo constituye también una recopilación de inventarios, pero, esta vez, se trata de inventarios faunísticos ordenados según los principales tipos de sabana y bosques encontrados al sur y al norte del Río Apure. Esta riqueza faunística es conocida sólo por algunos especialistas. Sería provechoso que tengan oportunidad de compartir sus conocimientos con un público más amplio. A pesar de su aparente homogeneidad, la fauna llanera está conformada por una variada diversidad de hábitats donde la fauna silvestre se refugia, alimenta y reproduce. La presión ejercida por las actividades antrópicas ha conllevado a una profunda transformación de los hábitats originales. La agricultura mecanizada, la construcción de grandes embalses y de obras de infraestructura para riego y drenaje, la explotación de recursos maderables provenientes de los bosques naturales, las grandes extensiones dedicadas a plantaciones forestales y la ganadería, han reducido, transformado y fragmentado significativamente dichos hábitats.

Se diferencian, fundamentalmente, los hábitats abiertos (sabanas) y los hábitats forestales (bosques).

En los hábitats abiertos (antes el 75% de la superficie llanera ahora quizás entre 80 y 90%) es preciso destacar la importancia económica del chiguire (*Hydrochaeris hydrochaeris*), y del caimán (*Caimán crocodilus*). Este último animal se cría en fincas especializadas y representa un recurso exportable significativo. Las aves, felinos y anfibios tienen un interés científico, ecológico y turístico más que económico.

Los hábitats cerrados de los bosques, han logrado en el tiempo evolutivo, alojar una espectacular diversidad de especies adaptadas a la inmensa variedad de microhábitats presentes. La lectura del Capítulo 3 permite al lector darse cuenta de esta diversidad de mamíferos (desde marsupiales, roedores, murciélagos, hasta primates) de aves (guacamayos y loros sin olvidar el tucán que son ejemplos conocidos de todos) de serpientes (herpetofauna diversificada) de anfibios y tantos otros grupos que el lector va a querer conocer.

Como cualquier investigación fundamental, dirigida primero a construir conocimientos sin finalidad definida, no se pretende asignar un papel predeterminado a este trabajo, ni en las investigaciones futuras ni en las medidas de ordenamiento territorial. Pero no hay duda que el futuro demostrará la utilidad de tales recopilaciones.

## **SEGUNDA PARTE: LA SITUACIÓN CLIMÁTICA Y EDÁFICA ACTUAL**

La segunda parte del libro está dedicada a la descripción de las condiciones actuales del clima y de los suelos llaneros, incluyendo la descripción de los principales procesos de degradación de los suelos.

La extrema variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones a escala micro-local, dentro de una relativa uniformidad regional y sub-regional de las condiciones climáticas, no justifican una descripción más detallada que podría ser, además, rápidamente obsoleta por el efecto de los cambios climáticos actuales.

La repartición geográfica de los suelos está ilustrada por un mapa original informatizado que agrupa las unidades taxonómicas de suelo en grandes unidades geomorfológicas, bajo un formato que permite variar su escala con relación a las necesidades del lector. Sin lugar a dudas, esta obra va a servir durante mucho tiempo de base para futuros trabajos de cartografía con múltiples finalidades.

Lamentablemente, la degradación de los suelos acompañó el desarrollo agrícola. Estos procesos de degradación han sido descritos de manera puntual en múltiples lugares de los llanos sin haber sido, todavía, cartografiada su extensión. Por ello, el capítulo correspondiente se dedica más a describir los



procesos de degradación observados en los llanos que a proponer estrategias específicas para conservar o mejorar los suelos llaneros.

***Capítulo 4. Rasgos climáticos de los Llanos de Venezuela (Pablo Marvez, UNELLEZ)***

El marco climático dentro del cual se desarrollan las actividades agrícolas llaneras está constituido por dos estaciones, una seca de diciembre a marzo y una lluviosa de mayo a octubre. Estas dos estaciones están separadas por transiciones donde las precipitaciones erráticas, y a menudo violentas, constituyen el mayor factor de riesgo climático para los cultivos anuales. Dentro de este marco general, es indispensable diferenciar sub-regiones climáticas relacionadas con el gradiente de precipitación y de humedad que va creciendo del este hacia el oeste de los llanos. Un mapa de las cuatro sub-regiones climáticas ilustra la extensión de estas diferencias y puede superponerse al mapa de suelos del capítulo siguiente. Dos cultivos al año son posibles al oeste, mientras que el riego se hace indispensable en el centro y este. Después de estos planteamientos generales, el resto del capítulo menciona las consecuencias de las interacciones entre el gradiente de precipitaciones con las características de los suelos. Se describen detalladamente las consecuencias actuales de los cambios climáticos que ocurrieron durante los periodos anteriores durante los cuales se modelaron los actuales paisajes. Se propone una visión prospectiva de las posibles consecuencias de los actuales cambios climáticos sobre las tierras llaneras.

***Capítulo 5. Geomorfología y suelos de los Llanos venezolanos (Richard Schargel UNELLEZ)***

Se podría decir que este capítulo constituye el eje central del libro. El mapa de suelos que se presenta tendrá un rol fundamental tanto en las investigaciones futuras como en la planificación del desarrollo de los llanos. Para no caer en los inconvenientes de documentos demasiado detallados e imprecisos, como son a veces los mapas de unidades taxonómicas de suelos, el autor propone un marco válido a escala del conjunto de los llanos (1/4.000.000) pero que se adapta a las necesidades específicas de cada lector gracias a los cambios de escala que permiten la informatización y a la presencia de suficientes referencias topográficas (ciudades y ríos).. Dentro de este marco general, podrán insertarse estudios detallados existentes o venideros. La

primera parte del capítulo esta dedicada a la historia geológica regional y a la descripción de las actuales unidades de paisaje. El resto del capítulo consiste en una revisión detallada de los suelos y de su utilización actual o potencial.

Los recursos edáficos de los llanos se presentan en forma de leyenda detallada del mapa de tipos de suelos agrupados en unidades geomorfológicas. La consultación del Capítulo 5 se apoya, en la leyenda del mapa que corresponde a 39 agrupaciones de unidades taxonómicas (según las definiciones del Soil Survey Staff 1999), las unidades geomorfológicas se corresponden con los nueve tipos de paisajes definidos. Gracias a la precisión de estas definiciones jerarquizadas, el usuario podrá ubicarse en el terreno e interpretar el paisaje que lo rodea. Además, los responsables de operaciones de ordenamiento territorial tendrán una planimetría aproximada de los recursos edáficos de cada zona en el mapa. Un trabajo local de fotointerpretación y/o algún trabajo de campo podrán dar rápidamente la precisión requerida para cada aplicación. El carácter ejemplar de este capítulo debe ser subrayado aquí dado que pocas regiones del mundo disponen de una herramienta descriptiva que sintetice tanta información científica en un solo documento de escala variable.

***Capítulo 6. Degradación de los suelos llaneros ( Roberto López, Fernando Delgado CIDIAT, ULA)***

La intención de los autores de este capítulo es dar a conocer al lector la situación preocupante en que se encuentra una proporción desconocida pero creciente de los suelos llaneros. Esta situación resulta de políticas erróneas y de prácticas inadecuadas, supuestamente destinadas a mejorar la producción pero sin nunca tomar en cuenta la sostenibilidad de los sistemas de producción. Los autores definen primero los principales procesos de degradación a los cuales están sometidas las tierras llaneras (erosión eólica e hídrica, compactación, sellado, anaerobiosis, agotamiento de nutrientes, acidificación contaminación, salinización y degradación biológica), para luego señalar las regiones donde fueron observados puntualmente. En la medida de lo posible, se señalan los estudios realizados en dichas regiones y las intervenciones que se podrían proponer para remediar el deterioro constatado.

En este sentido, se destaca que no parece justo señalar que la única causa de la aparición y manifestación de tales procesos haya sido la forma como los

agricultores han manejado sus suelos durante estos años. Con igual o mayor grado de responsabilidad pudieran señalarse, por un lado, las políticas agrícolas que el Estado venezolano ha diseñado e implementado con relación al otorgamiento de créditos, subsidios, precios de los insumos y productos agrícolas, política de importaciones e incentivos para la exportación, y por el otro, la falta de programas concretos dirigidos a divulgar y fomentar alternativas para la diversificación de la producción, así como la adopción de prácticas, métodos y procedimientos orientados al uso de estas tierras con criterios de sostenibilidad.

Por falta de información cartográfica, no se puede señalar la extensión de los fenómenos descritos. Ello necesitaría de un mapeo específico que requiere observaciones de campo y foto-interpretaciones adecuadas. Una información cuantitativa, bien establecida, ayudaría a inducir los cambios deseables en las prácticas del agro llanero, que ha estado más dirigido a la producción inmediata que a la conservación del patrimonio edáfico para las futuras generaciones.

### **TERCERA PARTE. AGRICULTURA Y FERTILIZACIÓN DE LOS SUELOS LLANEROS.**

La tercera parte del libro enfoca diversos aspectos técnicos del uso agrícola de las tierras llaneras.

Este uso agrícola de los suelos se inscribe primero en el ciclo del agua, el cual condiciona los ciclos biogeoquímicos de los principales elementos que intervienen en los sistemas suelo-planta.

El conocimiento de las principales características de estos ciclos, permite diagnosticar los factores limitantes de la producción vegetal y remediar, adecuadamente, sus eventuales deficiencias.

Estas consideraciones básicas permiten evaluar las políticas de distribución y utilización de los fertilizantes para la producción agrícola de las tierras llaneras. Tales políticas evolucionaron con el tiempo, hecho que se refleja en los efectos sobre los sistemas de producción. Un buen ejemplo de estas evoluciones es el sistema de producción del arroz, con un futuro prometedor para las tierras llaneras.

Esta última parte del libro finaliza en dos capítulos: Uno dedicado a la evocación de las técnicas de comunicación social que es necesario dominar para poder influir sobre el proceso de producción y la gestión de los suelos. El otro está dedicado a explorar una vía de acercamiento entre la oferta y la demanda tecnológica en el mundo agrícola venezolano.

De esta manera, culmina la tentativa de dar una visión, global y compleja del agro llanero la cual es indispensable conocer para crear agrosistemas más adecuados que permitan a las futuras generaciones de venezolanos asumir el reto de organizar su producción alimentaria y su economía, sin una dependencia exclusiva de la renta petrolera.

### ***Capítulo 7. Ciclos de los nutrientes en los suelos cultivados (Jean-Marie Hétiér, IRD)***

Antes de comentar las intervenciones en materia de gestión de los suelos llaneros, se consideró indispensable renovar una serie de conceptos básicos con relación a las nociones tradicionales de riqueza o pobreza de los suelos. Se define primero la fertilidad de un suelo con base en su productividad máxima para un cultivo dado. Esta fertilidad depende de muchos factores físicos, químicos y biológicos y no solamente de la presencia o ausencia de tal o cual nutriente. La fertilización a su vez corresponde a un conjunto de operaciones destinadas a establecer o restablecer la fertilidad tomando en cuenta el sistema suelo-planta en toda su complejidad. Al respecto, es actualmente evidente para muchos científicos de la ciencia del suelo que la visión estática de reserva de nutrientes conlleva a recomendaciones de fertilización equivocadas que en buena parte explican el deterioro de los suelos y del medio ambiente.

Después de haber redefinido los conceptos de fertilidad y de fertilización, se describen las principales características del ciclo del agua. En efecto, de este ciclo depende la vida del suelo y todos los otros ciclos empezando por los de la materia orgánica, carbono y nitrógeno. La descripción del ciclo de este último nutriente esencial, da la oportunidad de enfatizar la necesidad de diferenciar los flujos brutos de nitrógeno de sus resultados netos para poder aprovechar los aportes de la modelización en la gestión de los fertilizantes nitrogenados.

El examen de los ciclos del azufre y del fósforo permite ubicar, en su contexto biogeoquímico, dos fenómenos muy conocidos en los suelos llaneros:

la acidificación por oxidación del azufre y la inmovilización del fósforo por los hidróxidos de hierro y aluminio.

Los otros ciclos de nutrientes ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) son relativamente más sencillos, pero su conocimiento es indispensable para entender el alcance de las recomendaciones tradicionales de fertilización y encalado.

Del mismo modo, es necesario conocer los ciclos del hierro, del aluminio y del manganeso que condicionan, indirectamente y con efectos negativos muy importantes, el crecimiento de las plantas. Una simple evocación de los ciclos de los micronutrientes sirve para subrayar la importancia de las interacciones entre elementos nutritivos y tóxicos, que nunca deben considerarse aisladamente.

Se evidencia, en conclusión, la coherencia entre los dos tipos de análisis sistémicos, a saber la descripción de los ciclos biogeoquímicos y la simulación del sistema suelo planta por los modelos informatizados. El de los ciclos, sirve para conocer cualitativamente los flujos de elementos. El otro tipo sirve para simular cuantitativamente sus ciclos en modelos que privilegian la visión dinámica de los fenómenos de intercambio entre el suelo y la planta. El uso de la modelización siempre dará más seguridad que los ensayos empíricos en la organización de experimentos agronómicos, en las previsiones de las interacciones entre elementos nutritivos o tóxicos, y por ende en la previsión de los resultados agrícolas .

### ***Capítulo 8. Factores limitantes de la fertilidad de los suelos llaneros (Jean Marie Hétiér, IRD)***

La organización del Capítulo 8 obedece a la misma lógica que el anterior. Sin limitarse a la sola presencia de los principales nutrientes, se consideran los factores limitantes en toda su complejidad, incluyendo la dinámica de cada elemento en el contexto físico-químico y sus interacciones con los otros constituyentes. Los balances de nutrientes siguen siendo una condición necesaria pero no suficiente para organizar intervenciones de fertilización. Dichas intervenciones deben basarse más bien en la posibilidad de orientar e incrementar, si fuese necesario, los flujos de nutrientes del sistema suelo-planta para asegurar una buena cosecha sin deteriorar el sistema.

El diagnóstico de los factores limitantes para un cultivo dado en un lugar dado debe, en consecuencia, apoyarse sobre un examen global del agroecosistema incluyendo las propiedades físicas, el perfil radical y el estado biológico del suelo. Sobre esta base, y tomando en cuenta las características de los ciclos arriba descritos, se pueden organizar los aportes de fertilizantes nitrogenados, fosfóricos, potásicos y los encalados con una doble seguridad: la de obtener el resultado deseado y la de poder detectar rápidamente el defecto si la intervención fracasa.

La revisión de los principales problemas de fertilización de las tierras llaneras se lleva a cabo a partir de una selección de la literatura nacional para, a la vez, recapitular los principales problemas y proponer vías de investigación para lograr soluciones satisfactorias tanto para la productividad y rentabilidad inmediata de los cultivos como para el respeto de los equilibrios ecológicos. Los principales métodos de detección de los factores limitantes son recordados antes de enumerar los principales tipos de intervención: métodos de labranza, activación biológica y por supuesto adición de nutrientes. Los aportes de nitrógeno, fósforo y potasio han sido objeto de innumerables publicaciones a partir de experimentos realizados en las tierras llaneras. Los trabajos seleccionados en este capítulo apuntan a ilustrar como se podrían completar los conocimientos actuales para reubicarlos en la lógica de los ciclos biogeoquímicos descritos en el capítulo anterior. Lo mismo pasa, a propósito del encalado, que provoca interacciones que no son siempre tomadas en cuenta por los productores agrícolas. Se enfatiza, finalmente, el papel de la fertilización orgánica para superar las limitaciones de micro nutrientes y los problemas de toxicidad. Se termina el capítulo con un párrafo especialmente destinado al examen de las principales interacciones.

Se recomienda, en conclusión, orientar las investigaciones futuras en dos direcciones esenciales: el desarrollo de estudios multidisciplinarios (incluyendo el rol de las raíces y de la biomasa microbiana edáfica) y la multiplicación de los ensayos plurianuales. Unos pocos ensayos plurianuales aportarán siempre más información valiosa y modelizable que la múltiple cantidad de ensayos dispersos e incompletos realizados en condiciones incontroladas.

***Capítulo 9. Políticas de distribución y uso de los fertilizantes para la producción agrícola en tierras llaneras: pasado y presente (Eduardo Casanova, UCV-PALMAVEN).***

El autor de este capítulo recuerda primero datos fundamentales de la agricultura venezolana de hoy (resultados del año 2001). De los 7,3 millones de hectáreas cultivadas, 5 millones son dedicados a la producción de pastos introducidos, 0,5 millones a plantaciones de pino, eucalipto y teca y otro medio millón a frutales. Sólo quedaron este año un poco más de 1 millón de hectáreas dedicados a cultivos anuales. Dentro de los cultivos anuales, 0,52 millones de hectáreas se dedicaron al maíz, 0,27 millones al sorgo y solamente 0,13 millones de hectáreas al arroz; el resto a hortalizas y cultivos diversos.

Frente a la necesidad de satisfacer la demanda nacional, los diversos gobiernos trataron, desde la mitad del siglo pasado, de implementar varias políticas para estimular la producción. Primero, se organizó la producción industrial de fertilizantes para, a su vez, aumentar el consumo nacional de fertilizantes y disminuir, proporcionalmente, las importaciones. Varias políticas de subsidio fueron implementadas pero después de haber constatado, en el caso del maíz, que el aumento de producción y de productividad no varía en relación directa con el consumo de fertilizante, se eliminaron los subsidios al final del siglo pasado. Sin embargo, se pudo demostrar que el uso racional del fertilizante en pasto facilita el proceso de recuperación de tierras haciéndolo rentable.

En la perspectiva de una agricultura sostenible que combine la productividad presente con la conservación del sistema de producción para el futuro, es necesario cambiar de perspectiva. Es indispensable considerar el funcionamiento del sistema de producción en su conjunto y dejar de sumar y restar nutrientes de manera arbitraria sin tomar en consideración las condiciones de inmovilización-removilización de cada uno de ellos en cada sistema suelo-planta.

***Capítulo 10. Las políticas agrícolas de fertilización y su evolución (Baudilio Mendoza, UNELLEZ).***

El autor retoma la historia del desarrollo de la agricultura venezolana pero con el propósito de analizar los procesos de racionalización subyacentes a esta evolución histórica vivida por sus actores como modalidad de un proceso general de modernización que afectó el mundo entero después de la segunda guerra mundial. La característica inicial de la intervención estatal era de

naturaleza puramente crediticia. Este tipo de intervención cambia al desarrollarse el proceso de industrialización nacional, proceso que impulsó un éxodo rural acelerado lo que llevó a los gobiernos democráticos a orientar su política para apoyar el incipiente desarrollo agrícola. La intervención estatal se tecnifica y se diversifica pasando de un subsidio ciego a un desarrollo de la asistencia técnica que finalmente vuelve a caer en manos del sector privado.

Una vez recordada esta evolución histórica, el autor trata de analizar la situación actual en términos de oferta y demanda tecnológica para hacer resaltar el enfrentamiento de lógicas diferentes según el punto de vista estatal y las diversas visiones que pueden compartir varios tipos de productores agrícolas. Entre estas lógicas, es difícil ubicar claramente el papel de las organizaciones gremiales y de las instituciones de investigación que, muchas veces, actúan como mediadores entre la demanda y la oferta tecnológica.

La originalidad del análisis propuesto por el autor, consiste en discriminar la macro-perspectiva, que (grosso-modo) corresponde a lo institucional, de la micro-perspectiva que permite analizar la influencia de factores psico-sociales y en particular la influencia del comportamiento del agente técnico que es el instrumento de la función mediadora más adelante señalada. Para poder analizar esta función, el autor propone diferenciar lo que es extensión agrícola (con interacción entre el técnico y el productor) de lo que es asistencia técnica (donde el productor tiene que ser un receptor pasivo de información indiscutible que proviene de la ciencia). Tomando como ejemplo la evolución histórica de la transferencia de conocimientos sobre fertilizantes, el autor subraya el carácter incoherente del proceso y termina con una conclusión pesimista al no ver en la actualidad premisas de un esfuerzo de renovación conceptual del sector de la tecnología agrícola.

### ***Capítulo 11. El sistema de producción de arroz en los Llanos Occidentales de Venezuela (Luis Alvarez, UNELLEZ).***

Este capítulo tiene un doble interés: por un lado informar al lector sobre la situación en la cual se encuentra el cultivo de arroz en los Llanos Occidentales de Venezuela y por otro servir de modelo para futuras experiencias de modelización similares que deberían realizarse para otros cultivos. El autor asocia su descripción de las condiciones edáficas y técnicas de dicho cultivo con la de los procesos de degradación inducidos por el mal uso



de las técnicas de preparación de tierra y de una fertilización desmedida. Estas descripciones se hacen en la perspectiva de formar el personal científico y técnico indispensable para que esta producción evite el deterioro de los suelos arroceros cuya recuperación será muy costosa para las futuras generaciones. Como ejemplo de racionalización del sistema de producción de arroz, él cita los principales resultados de veinte años de investigaciones en materia de optimización del sistema basado en el método deductivo. Este método consiste en elaborar hipótesis materializadas en los parámetros y variables de un modelo de simulación para luego organizar experimentos destinados a validarlos *in situ*. La ventaja de dicho método consiste en ganar tiempo y dinero para adquirir los conocimientos científicos y técnicos indispensables para la organización de cultivos rentables y respetuosos del equilibrio del sistema de producción. El autor de este capítulo lo demuestra, por el hecho de haber podido producir, durante estos veinte años con pocos recursos humanos y financieros, conocimientos articulados (asociando la planta, el suelo y la fertilización) sobre la producción de arroz en los Llanos Occidentales. Como recomendación práctica se debe citar, principalmente, el fraccionamiento de la fertilización y la elaboración de planes de rotación de cultivos como primeras medidas para evitar el deterioro de los suelos. Este trabajo realizado puede, ahora, servir de base para elaborar planes de acción para los otros cultivos llaneros. En gran parte, le corresponde a la UNELLEZ organizar y llevar a cabo esta tarea, en la medida que la institución tenga la voluntad de adoptar esta orientación y consiga los medios humanos y financieros adecuados.

***Capítulo 12. Representaciones sociales y transferencia tecnológica en el sector agrícola (Lucy Alvarez de Hétiér, LUZ-CE).***

El proceso de transferencia tecnológica pone en contacto lógicas diferentes que provienen del conocimiento científico y del conocimiento común. Estos conocimientos están impregnados de representaciones sociales, las cuales dificultan o facilitan la relación de comunicación entre agentes tecnológicos y productores así como el cambio de prácticas en el uso adecuado de fertilizantes. A partir de esta constatación, se realizó un estudio teórico de los factores que condicionan la eficiencia de la intervención estatal en materia de productividad agrícola y de gestión de los suelos. La confusión conceptual y la falta de conciencia de la necesidad de conocer las representaciones que se hacen los diversos actores del mundo agrícola obstaculizaron los diversos

intentos de intervención. Como tentativa de establecer nuevas bases para mejorar la eficiencia de dichas intervenciones en el futuro, se realizó un estudio destinado a detectar las representaciones que hacen las diversas categorías de productores y agentes técnicos sobre dos ítems de representación de fundamental importancia: la fertilidad y la fertilización de los suelos.

Este estudio tomó la forma de un análisis de contenido del discurso escrito emitido por uno de los principales actores institucionales del sector: PALMAVEN (32 folletos de diversos tipos) y del discurso oral de 43 actores seleccionados dentro de tres categorías de productores (pequeños, medianos y grandes) y dos categorías de interventores (técnicos e ingenieros).

Los resultados se enmarcan primero en la diferenciación entre las tres visiones de la naturaleza que condicionaron, sucesivamente, las intervenciones estatales en el mundo agrícola. La primera considera la naturaleza como recurso casi ilimitado, visión que permitió la promoción, a través del MAC, de la mecanización sin freno de una agricultura moderna. La segunda visión defiende la naturaleza amenazada por una agricultura agresiva, visión materializada por la creación del MARN. La tercera es la visión actual de la naturaleza como conjunto interactivo de ecosistemas armonizados que induce a una gestión agro-ecológica del medio ambiente natural y social. Estas tres visiones se entremezclan en las representaciones de la fertilidad y de la fertilización tal como aparece a través del análisis de contenido de los discursos escrito y oral examinados.

Estos discursos se caracterizan, principalmente, por la pluridimensionalidad de las evocaciones de los planos económicos, culturales, políticos, sociológicos que se cruzan por medio de intersecciones definiendo el conocimiento técnico y común, lo práctico, lo ecológico y lo institucional. La otra característica relevante es la diversidad de las formas argumentativas que pueden estructurar los discursos en juicios categórico-normativos o hipotético-deductivos o en relaciones de concomitancia, necesidad, comparación, reformulación, o simple recurrencia a los hechos.

Uno de los obstáculos presentes en las intervenciones realizadas por las instituciones estatales o privadas proviene de la dificultad de diferenciar los conceptos de fertilidad y fertilización incluso en el discurso escrito de los interventores. Esta dificultad se refleja en la semejanza del discurso oral de los

diversos tipos de actores sociales que intervienen en el proceso productivo agrícola donde el concepto de fertilidad es más confuso que el de fertilización.

El discurso escrito destaca su carácter normativo e impositivo más que la preocupación de crear un espacio de interlocución con los productores considerados, más bien, como receptores pasivos. La recurrencia de este tipo de discurso al principio de causalidad, constituye una diferencia fundamental con el discurso oral de todos los actores que recurre, a menudo, a las otras formas argumentativas con el propósito de convencer y no de demostrar.

Se espera que el estudio de estos resultados sirva de ejemplo para futuras investigaciones y ayude a modificar, eficazmente, las formas de intervención estatales y privadas y poder, así, crear un verdadero espacio de interlocución que haga posible la difusión de tecnología agrícola y abarque en su totalidad la comunidad agrícola llanera.

***Capítulo 13. La demanda tecnológica del sector agrícola, Llanos Occidentales, Estado Portuguesa (Eduardo Casanova, Juan Comerma, UCV-PALMAVEN)***

Un estudio detallado y representativo de la demanda tecnológica de los 300.000 productores agrícolas venezolanos está fuera del alcance de las instituciones dedicadas a las tareas de difusión de tecnología agrícola. Ninguna tiene los medios y el tiempo de una encuesta sistemática realizada en muestras representativas. Por ello, los autores se apoyan sobre una encuesta indirecta donde la información, suministrada por 13 agentes técnicos de PALMAVEN-Portuguesa, fue organizada y jerarquizada a través de un cuestionario elaborado con la finalidad de sintetizar la información correspondiente a la demanda tecnológica de aproximadamente 4% de los productores del Estado.

Los resultados de esta encuesta constituyen, además, un ejemplo de tentativa, de parte de una institución estatal de intervención, de orientar la oferta tecnológica en el futuro de un modo más efectivo. En este proceso, el agente técnico juega un papel crucial de mediador suministrando y ponderando la información a través de respuestas a un cuestionario elaborado según las normas de la institución a la cual pertenece. A pesar del proceso de averiguación de la información obtenida por confrontación con especialistas de otras instituciones, no se trata de considerar esta tentativa como un método

científicamente comprobado, sino como un modelo que debe perfeccionarse en otros contextos. Del mismo modo que el discurso circulante sobre un tema dado, puede ser captado a través de un número limitado de entrevistas cualitativamente bien realizadas, se puede estimar que los resultados reflejan las inquietudes de muchos productores durante los inviernos 1997 y 1998 cuando fueron llenados los cuestionarios.

El procesamiento de la información recogida permite diferenciar los factores jerarquizados en primarios, secundarios y terciarios que condicionan o limitan la producción del maíz, del arroz y del pastoreo artificial en esta zona de los Llanos Occidentales.

En lo que concierne al maíz, es interesante saber que la primera preocupación de los productores es que casi nunca consiguen a tiempo el fertilizante que solicitan y deben fertilizar con lo que encuentran, no pudiendo, así, cumplir con las recomendaciones elementales en cuanto a dosis y fecha. Lo mismo pasa con las semillas certificadas suministradas con poca garantía de calidad y de uniformidad. En el caso del arroz, la primera preocupación es la calidad de la semilla encontrada en el mercado, semillas que no tienen la calidad y el estado fitosanitario deseable. Los resultados reflejan, también, las dificultades de organización del riego y más que todo la incertidumbre de la rentabilidad económica que depende, en primer lugar, de los precios impuestos por las entidades compradoras. En el caso del arroz, se puede comparar estos resultados con los datos del Capítulo 11, que subrayan la rentabilidad, a menudo negativa, de este cultivo y la incapacidad de la mayoría de los productores de asegurar la durabilidad de sus sistemas de producción. Sobre estos dos puntos, la encuesta no aporta información ni para el arroz ni para el pasto.

Sin embargo, esta tentativa de encuesta indirecta tiene la ventaja de suministrar, rápidamente, informaciones abundantes que podrían, probablemente, ser fácilmente completadas y consolidadas en el futuro. Por el momento, ella refleja muy bien la postura respectiva de la institución estatal y del agente técnico entre el mundo de la producción y de la distribución.

## CONCLUSIONES

Terminando esta presentación, creemos importante recordar primero que el avance de la frontera agrícola llanera ha sido globalmente rápida durante los cincuenta últimos años debido a las características de relieve, de clima, así como de la vegetación de la sabana. Los llanos representan la tercera parte del territorio nacional pero poseen el 70% de sus mejores tierras (Mogollón, 1977) las cuales sólo alcanzan a dos millones de hectáreas o sea 2% del territorio nacional. En su mayoría, estas tierras de clase alta ya están ocupadas. Por lo tanto, es evidente que el futuro de la agricultura venezolana pasa primero por un mejoramiento de la productividad de estas tierras buenas, pero también por un mejoramiento de tierras de categoría mediana y por último, por la búsqueda de plantas adaptadas a las condiciones edáficas más deficientes de las tierras con mayores limitaciones.

El presente libro pretende contribuir al cumplimiento de estos tres objetivos a través de sus conclusiones, recomendaciones y orientaciones.

Como lo hemos visto, los inventarios que constituyen la primera parte, podrán requerir ser completados o consolidados puesto que siempre constituirán bases indispensables para futuras investigaciones, aún si fueron realizados con propósitos diferentes. Todavía hace falta un inventario de los recursos hídricos y mineralógicos, por ejemplo.

La descripción de los recursos naturales siempre necesitará ser actualizada con relación a las evoluciones del medio ambiente y de la reconstrucción permanente de los conceptos y de las técnicas que estructuran estas descripciones. La aceleración de los cambios climáticos y la previsión de sus consecuencias provocará probablemente la pronta revisión de los datos climáticos. La geomorfología evoluciona poco a escala humana de tiempo, pero si pueden evolucionar rápidamente las definiciones taxonómicas de suelos y aún más los parámetros analíticos que las sustentan. Se pueden esperar también progresos rápidos en materia de uso la teledetección en cartografía. Hemos visto que un inventario cartográfico de los índices de contaminación y degradación de suelos y aguas hace mucha falta para tomar las precauciones apropiadas antes de llegar a situaciones irreversibles, tal como las provocadas por el abuso en el aprovechamiento de los recursos naturales en otros continentes.

La última parte del libro es la que naturalmente contempla más conclusiones, recomendaciones y orientaciones específicas. Volveremos a insistir aquí sobre la necesidad de completar los clásicos balances de nutrientes por un conocimiento detallado de los ciclos biogeoquímicos de los ciclos generales de cada constituyente del sistema suelo-planta y de sus mutuas y múltiples interacciones. Los balances seguirán siendo indispensables para que los economistas analicen sus consecuencias en las políticas de independencia en la producción alimentaria y para que los productores agrícolas tomen decisiones para vigilar el futuro de los suelos nacionales (Hébert, 1984). Hace más de diez años ya se había calculado que, globalmente, América Latina pierde anualmente 1000 kilo-toneladas de nitrógeno, 140 kt de fósforo P y 350 kt de potasio por concepto de exportación de alimentos (aproximadamente la mitad de las pérdidas norteamericanas por el mismo concepto) mientras que Europa acumula cantidades similares (Cooke, 1986).

Pero la durabilidad de los suelos como componente esencial de los agrosistemas, no se puede asegurar sólo en términos de balance nacional, regional o local sino también por consideraciones de tipo cualitativo. El suelo, como sistema vivo, debe ser capaz de evitar el desperdicio de los aportes de fertilizantes, valorizarlos de inmediato y acumularlos para el futuro. Como sistema vivo, el suelo alberga por lo menos de uno a diez millardos de micro organismos por kg y debe ser descrito como tal, es decir como un sistema cuya vida se traduce por flujos de materia y de energía que lo atraviesan continuamente. Esta visión sistémica del suelo está bien representada por los ciclos biogeoquímicos que relacionan sus elementos constituyentes, lo que no es el caso de la visión tradicional estática de cajones más o menos llenos de elementos disponibles. Para lograr unos cambios significativos en la representación del suelo que guía el quehacer de cada uno de los actores del agro llanero, queda por realizarse una inmensa tarea pedagógica basada en los resultados de investigaciones nacionales y locales apuntando a conocer íntimamente la biología de estos suelos y las particularidades de los ciclos biogeoquímicos de cada uno de sus constituyentes con sus múltiples interacciones. Dicha tarea requiere el establecimiento de laboratorios bien dotados y dirigidos por científicos-docentes estables y conscientes de sus responsabilidades individuales y colectivas.

La era de la “agricultura minera” en expansión en un espacio ilimitado, como se representaba a la tradición conuquera, se terminó. Llegó la hora de la

agricultura sostenible, en la cual el agricultor es responsable del buen estado de su parcela y de su pozo; un agricultor que trabaja no solamente para él y su familia sino también para su descendencia. Independiente de las reservas petroleras, el futuro del inmenso recurso que representan las tierras llaneras se debe preparar ahora y tendrá que ser un conjunto de agrosistemas diversificado respetuosos de la ecología local y produciendo para Venezuela y el mundo alimentos y fibras de todo tipo. A escala regional, la responsabilidad de los productores será el perfeccionar su producción, y la del estado será asegurar que dicha producción contribuya no solamente a conservar sino a mejorar los suelos y las aguas, necesarios para las futuras generaciones. Para lograrlo es necesario tomar conciencia de realidades que todos tienen tendencia a olvidar por el peso de las dificultades cotidianas. Más allá de sus compromisos actuales, se podría incentivar al Estado venezolano a que asumiera sus responsabilidades hacia las futuras generaciones de varias maneras.

Hemos evocado el fortalecimiento de las investigaciones nacionales y locales orientadas hacia la biología de los suelos pero ello debe ser acompañado de una serie de medidas técnicas y sociales. Entre tantas ideas que fueron propuestas, hemos elegido una que merece ser comprobada. ¿Porque no recompensar el esfuerzo realizado por el productor agrícola para dejar suelos mejorados al terminar su actividad productiva por un sistema de jubilaciones proporcional a la calidad de las tierras que dejará a sus sucesores al terminar sus actividades?

La consideración del suelo como recurso no renovable y que merece beneficiarse de inversiones que representan las enmiendas y los fertilizantes no parece haber sido suficientemente tomado en cuenta por la ley de desarrollo agrícola y seguridad alimentaria en Venezuela. El análisis detallado de esta ley y de sus antecedentes históricos (Borgucci *et al.*, 1999) revela la contradicción entre los compromisos de liberalización del sector agrícola suscritos por el país delante de la Organización Mundial del Comercio (OMC) y el deseo del Estado venezolano de seguir interviniendo sobre los créditos bancarios a los productores y sobre los precios al consumidor mediante las importaciones coyunturales. Entre los términos de esta contradicción meramente económica y a corto plazo, parece que la preocupación de seguridad alimentaria no haya todavía provocado la elaboración de una política nacional de gestión racional de los suelos. Sin embargo, se puede esperar que la presión coordinada de los científicos, de los productores y de los consumidores logre que se inicie una sana gestión de los suelos llaneros dirigida a su conservación y

mejoramiento y que las generaciones futuras escapen a las consecuencias de la lógica económica a corto plazo que es la de la OMC.

Dichos cambios deben basarse en la elaboración de paquetes tecnológicos autóctonos que, a la vez, apunten al necesario aumento de la productividad y a la conservación o mejora de los suelos. Corresponde a los científicos venezolanos sustituir los paquetes tecnológicos importados, cuya ciega aplicación provocaron tantos daños, por recomendaciones conforme a los intereses de los productores y de toda la población.

En los años venideros, se podría producir en las tierras llaneras una expansión de los cultivos anuales aprovechando, por un lado, los lugares donde las condiciones edafo-climáticas son menos desfavorables y por otro, por una expansión todavía más amplia de las pasturas, las que pueden ocupar suelos de condiciones más difíciles. No faltan estudios agroeconómicos que demuestren la capacidad del agro venezolano para contribuir, no solamente, a las necesidades alimenticias y de vestido del país sino también a las exportaciones de alimentos hacia el norte (Trujillo, 1995). Se puede, incluso, esperar que el desarrollo venidero contribuya, cada vez más, a sustituir las exportaciones de petróleo cumpliendo así con el lema famoso y nunca cumplido que aconseja «sembrar el petróleo».

Ojalá que el presente libro contribuya a incentivar la reflexión de todos los actores del agro llanero y ayude a construir el futuro de estas tierras llaneras.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Abbadie L., Lepage M., *et al.* (1996). “ Paradoxes d'une savane africaine: comment des sols apparemment pauvres entretiennent une végétation abondante. *La Recherche* Mai 96: 36-38.
- Avilán-Rovira J., Eder. H. M. (1986). *Sistemas y Regiones Agrícolas de Venezuela*. Caracas, Fundación Polar.
- Cooke G.W. (1986). *Nutrient Balances and the Need for Potassium In Humid Tropical Regions*. Nutrient Balance and the Need for Potassium, Reims France, IPI P.box 121 CH 3048 Worblaufen-Bern.



- Espinoza F., Manrique. A. (1996). "Perspectivas de los sistemas agroforestales y silvopastoriles en Venezuela." *Fonaiap Divulga* 54: 32-33.
- Hébert J. (1984). Levels of Fertilizer Input and Soil Nutrient Status in European Agriculture. Nutrient Balance and Fertilizer Needs in Temperate Agriculture, Gardone-Riviera Italy, Der Bund Bern Switzerland. 249-273
- Huntley B.J., Walker. B. M., Ed. (1982). Ecological Studies of Tropical Savannas. Berlin, Springer Verlag.
- Mogollón L.F. (1977). El potencial agropecuario de las tierras de los llanos venezolanos. Caracas, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables: 2-10.
- Nicholaides J.J., Bandy D.E., *et al.* (1983). "Continuous cropping potential in the upper Amazon basin." *Ecology and Development Potential*: p. 337-365.
- Pouyllau M. (1992). Le Venezuela. Paris, Karthala 217 p..
- Sarmiento G. (1980). Los ecosistemas y la ecosfera. Editorial Blume S.A. Milanesat 21-23 08017 Barcelona Barcelona 268 p.
- Sarmiento G. (1984). The ecology of tropical savannas. London England, Harvard University Press Cambridge Massachussets Trad. O.Solbrig 235p..
- Silva F., Rodriguez. O. (1973). "Respuesta de la Soya (*Glycine max* (L.) Merr.) a la aplicacion de N, P,y K en un suelo de la serie Sabaneta (Oxic Plinthustult) del Estado Monagas." *Oriente Agropecuario* 5(1 y 2): 37-46.
- Tamayo F (1964). Ensayo de Clasificación de Sabanas de Venezuela. Imprenta Universitaria de Caracas. Caracas, Venezuela 63p.
- Trujillo L. (1995). Evolución de las exportaciones agrícolas: su impacto sobre el desarrollo económico nacional. Maracay, *Rev.Fac.Agron.* Serie Alcance 48 187p

## PRÉSENTATION

*J.M.Hétier*

Le sol constitue une frontière fragile entre biosphère et lithosphère (Sarmiento, 1980). C'est dans cette interface fragile qu'interviennent les activités agricoles organisées, en général, pour produire des biens de consommation immédiate sans chercher à éviter la détérioration ultérieure des sols, composants essentiels des systèmes de production agricole. Les sols des llanos du Vénézuéla n'échappent pas à cette règle générale dont les conséquences ont ruiné beaucoup de civilisations dans le passé.

Le problème actuel des terres des llanos consiste à passer de l'ère de l'exploitation des sols (parfois appelée agriculture minière) à celle de leur gestion. Une gestion adéquate des sols doit combiner, de manière harmonieuse, leur productivité actuelle et à venir. Cette exigence est tout aussi valable pour les savanes peri-amazonienne (Nicholaides, Bandy et al. 1983) que pour toute autre partie du monde (Huntley, 1982).

Pour commencer cette présentation des Terres des Llanos du Vénézuéla, il est indispensable, pour le lecteur étranger qui ne connaît pas personnellement la région, de rappeler brièvement la tradition nationale du "conuco" qui est la

version vénézuélienne de la culture itinérante sur brûlis ou "shifting agriculture". Cette tradition a été établie en un temps où les espaces de savane paraissaient pratiquement illimités par rapport à une population réduite qui pouvait changer les lieux de culture et organiser des jachères de longue durée sans aucune difficulté. Actuellement, cette tradition n'existe plus qu'à l'état de relique dans certaines zones marginales du pays (Avilan-Rovira, 1986). Toutefois, elle est encore présente dans la



mémoire collective du monde agricole vénézuélien et continue à conditionner beaucoup de comportements (Pouyllau, 1992).

De fait, la première caractéristique des llanos vénézuéliens est leur extension sur le quart (250.000 km<sup>2</sup>) de la surface totale du pays. Dans ce secteur, encore très vaste à l'échelle de l'agriculteur, les activités agricoles continuent à occuper des espaces très variables en fonction de la conjoncture nationale et internationale. Au Vénézuéla, les activités agricoles sont passées, pendant ces cinquante dernières années, par une série de cycles où l'expansion et la contraction des surfaces cultivées peuvent avoir fait varier, par exemple, la production de riz entre 1 et 2000 km<sup>2</sup>, celle de sorgho entre 2 et 3000, et celle de maïs entre 3 et 4000 km<sup>2</sup>. Au total, on estime que les cultures annuelles occupent un peu plus de un million d'hectares, soit 5% du total des llanos vénézuéliens. À ces cultures annuelles, il faut ajouter, approximativement, cinq millions d'hectares de pâtures cultivées. Il en résulte que seulement 15 à 20% des terres des llanos sont occupés, actuellement, par des activités agricoles.

L'agriculture des llanos a été et sera toujours un des piliers de l'agriculture vénézuélienne, mais sa variabilité spatiale et inter-annuelle démontre qu'elle n'est pas encore stabilisée et qu'elle est loin d'avoir occupé tout l'espace disponible. Occuper, adapter et stabiliser rationnellement l'espace agricole sera un des objectifs fondamentaux des nouvelles générations d'agriculteurs qui doivent l'amener à un niveau de productivité élevé mais de manière stable et durable. Une telle occupation de l'espace ne pourra être effectuée que si elle s'appuie sur une connaissance suffisante du milieu naturel et de son évolution sous l'effet des activités agricoles.

L'évolution agricole des zones de savane primaire et secondaire doit être étudiée par rapport aux caractéristiques spécifiques de ces écosystèmes. Au début de l'étude scientifique des savanes vénézuéliennes, on ne distinguait généralement pas très clairement la description du milieu naturel de son utilisation agricole (Tamayo, 1964). Ce type de confusion empêche les efforts d'abstraction et de conceptualisation, et dévie l'analyse scientifique vers des impasses empiriques. Par la suite, des études plus scientifiques de ce milieu naturel ont conduit à conclure que sa productivité est généralement limitée, soit par la sécheresse, soit par l'excès d'eau, toujours par la pénurie de nutriments et souvent par l'effet récurrent du feu (Sarmiento, 1984). La combinaison de ces facteurs a permis de construire une classification plus logique et cohérente des systèmes de savane qui n'a pas encore été remise en question à ce jour. La connaissance des facteurs de productivité permet, aussi, de comprendre que les savanes présentent généralement des stratégies paradoxales pour produire,

naturellement, de grandes quantités de biomasse (Abbadie, Lepage, et al., 1996). De telles stratégies doivent inspirer les initiatives des agriculteurs et autres utilisateurs des terres des llanos.

Par exemple, tout le monde sait depuis plus de trente ans que le soja donne de très bons résultats dans les sols des llanos si on favorise sa nodulation par une bonne fertilisation phosphorique (Silva, 1973), ce qui constitue une manière originale et efficace de valoriser la fixation symbiotique de l'azote. Il existe donc des raisons, étrangères à la logique agro-écologique, expliquant que cette culture n'a jamais été véritablement développée au Venezuela où est importé la quasi-totalité du soja consommé dans le pays. Un autre exemple, est constitué par le fait qu'une partie considérable de l'actuel espace agricole des llanos a été le résultat d'une déforestation à tout va. Par conséquent, le développement agro-forestier devrait constituer une des voies à explorer en priorité pour augmenter la production et la productivité des llanos (Espinoza, 1996).

Dans le présent ouvrage, les lecteurs vénézuéliens trouveront plusieurs inventaires de ressources naturelles et une synthèse de connaissances essentielles qui devraient les aider à orienter, tant leurs futures recherches que les programmes d'aménagement territorial à venir. Les lecteurs d'autres pays trouveront à leur disposition une multitude d'informations, pratiquement inaccessibles en raison de leur dispersion dans des documents de diffusion restreinte. Tous auront ainsi la possibilité de se forger une idée plus précise du potentiel agricole, touristique et industriel de cette région privilégiée à bien des points de vue. Pour que ce livre puisse accomplir son double but, il a été nécessaire de s'appuyer sur une littérature diversifiée et abondante, produite par de nombreux auteurs, durant la deuxième moitié du siècle dernier. Toutefois, l'espace et le temps assigné, pour la réalisation du présent ouvrage, interdisaient toute prétention d'exhaustivité face à la littérature existante sur le sujet. Nous espérons cependant que la littérature choisie fournira une vision globale et pluridimensionnelle des terres des llanos qui, bien qu'incomplète et imparfaite, soit suffisante pour faire de ce livre un outil de travail pour des utilisateurs nombreux et variés.

## **PREMIÈRE PARTIE: LES INVENTAIRES**

Il faut rappeler ici que les inventaires constituent la première étape, aussi importante que les suivantes, de toute construction scientifique laquelle se fait, pas à pas, à partir de questions et d'approches chaque fois plus spécifiques. La première partie de l'ouvrage comporte trois types d'inventaires.

Le premier chapitre, historique, peut être considéré comme un inventaire chronologique des faits qui ont structuré le peuplement des llanos après leur découverte et leur progressive exploration par les conquérants européens. En 1550, selon l'historien Brito Figueroa, les conquérants et leurs descendants formaient une population de 2000 blancs face à 5000 esclaves noirs et 300.000 indigènes. Deux cent années plus tard, restaient seulement 120.000 indigènes, soit moins que les 200.000 propriétaires blancs, leurs 60.000 esclaves noirs, sans compter les 400.000 métis libres. Ces chiffres supposent toute une histoire longue et complexe dont il ne reste presque aucune trace écrite.

Vient ensuite un inventaire botanique dirigé en priorité vers les espaces forestiers sans oublier que les savanes primaires formaient déjà la plus grande partie du territoire des llanos au début de l'époque historique.

L'inventaire de la faune complète cette première partie, et intéressera les lecteurs qui cherchent des informations de base trop dispersées, et donc inaccessibles au public scientifique en général.

### **Chapitre 1. Évolution du peuplement dans les llanos vénézuéliens: périodes de la découverte, la conquête et la colonisation (Roberto Hidalgo, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, MARN)**

L'évocation de l'histoire de l'occupation des llanos par les conquistadors européens repose davantage sur quelques rares documents de type calendriers de voyage ou énumération d'événements (comme la fondation de divers types de noyaux de peuplement) que sur l'analyse de la réalité géographique et sociale des régions visitées. Après l'échec initial de la Compagnie Welser sous contrat de la couronne espagnole, ces visites des llanos ont été organisées par les colonisateurs dans leur recherche initiale de richesses naturelles (perles, minerais et or) et d'esclaves requis comme main d'œuvre pour les îles des Caraïbes. Les documents administratifs des XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles ne sont pas des documents qui rendent compte de l'état initial des llanos explorés par les premiers Européens. Ce sont plutôt des relevés de faits significatifs comme la

fin de la période initiale de conquête à la fin du siècle XVI par la fondation de Guanare, mais presque rien ne subsiste qui puisse refléter la vie quotidienne des populations qui occupaient progressivement le pays.

Au contraire, le dernier siècle de la colonisation a laissé une documentation suffisante pour décrire certaines caractéristiques de l'organisation territoriale et sociale des llanos peu avant les guerres d'indépendance. Les fermes royales (« encomiendas » terres attribuées au nom du roi d'Espagne), les terres d'élevage (« hatos » système Far-West où les propriétés sont définies par la loi du premier arrivant ou du plus fort) et les missions religieuses (ordres réguliers de diverses obédiences) ont constitué trois modalités d'appropriation des terres et de soumission des populations locales au service des colonisateurs. Leur l'activité tournait autour du bétail et des cultures du cacao, du café et du tabac. L'organisation administrative de la Capitanía Générale du Vénézuéla à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle est suivie de trois décennies caractérisées par le développement des guerres d'indépendance.

Au cours de la première décennie du XIX<sup>e</sup> siècle, la population du Vénézuéla approchait le million d'habitants, et se concentrait à 70% dans les régions côtières et montagneuses où s'affirmait une société de droit écrit de style espagnol. La population des llanos était constituée de 200.000 personnes créoles et métisses, et de 100.000 indigènes libres. Dans sa majorité, il s'agissait d'une société de tradition orale où régnait la loi du plus fort.

Il resterait à exploiter la documentation existante au Vénézuéla et en Espagne pour essayer de savoir quelle était la représentation des terres qu'avaient ces populations des llanos, et comme ils concevaient le développement de la production agricole.

## **Chapitre 2. Le milieu forestier des llanos du Venezuela: considérations générales sur sa structure et composition florale (Gerardo Aymard, Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora", UNELLEZ)**

La description de la végétation forestière repose essentiellement sur une compilation de plusieurs inventaires botaniques effectués dans les quelques réserves forestières restantes. Elles sont regroupées par sous-régions physiographiques traditionnelles des llanos occidentaux, centraux et orientaux. Actuellement, il reste très peu de forêts de taille respectable dans les llanos vénézuéliens. Dans le secteur des llanos occidentaux et centraux, les forêts

humides ont rapidement disparu en raison d'exploitations forestières désordonnées, associées à des processus d'invasion, de brûlis et de coupes à blanc en vue de reconverter les terres à l'agriculture. Il ne reste plus que 25% de la surface forestière initiale des llanos encore recouverte de forêts semi-décidues, de forêt galerie et de plantations forestières.

Après ces inventaires, l'auteur propose, dans ses considérations finales, des éléments d'interprétation phyto-géographiques de la situation actuelle qui révèlent la subsistance d'éléments amazoniens dans une flore dominante "caribo-llanera" sans beaucoup de plantes endémiques. Il insiste sur la nécessité urgente de mettre en oeuvre d'énergiques mesures de protection pour éviter la perte totale des actuels vestiges des forêts des llanos à savoir 3000 km<sup>2</sup> de forêts décidues, semi décidues et in décidues (soit approximativement 1% des llanos) sans parler des forêts de galerie ni des plantations.

### **Chapitre 3 . Faune des llanos (Antonio Utrera, UNELLEZ)**

Ce chapitre constitue aussi un recueil d'inventaires, mais il s'agit cette fois d'inventaires faunistiques ordonnés selon les principaux types de savanes et de forêts trouvées au sud et au Nord du Rio Apure. Cette richesse faunistique est seulement connue par quelques spécialistes. Il serait utile qu'ils aient l'occasion de partager leurs connaissances avec un public plus vaste. Malgré son homogénéité apparente, la faune des llanos est composée d'une vaste diversité d'habitats où s'abrite, se nourrit et se reproduit la faune sauvage. La pression exercée par les activités anthropiques a entraîné une transformation profonde des habitats originaux. L'agriculture mécanisée, la construction de grands barrages et d'ouvrages d'infrastructure pour l'irrigation et le drainage, l'exploitation de ressources de bois de construction provenant des forêts naturelles, les grandes extensions consacrées aux plantations forestières et à l'élevage, ont réduit, transformé et fragmenté significativement ces habitats.

On différencie, fondamentalement, les habitats ouverts (savanes) et les habitats fermés (forêts). Dans les habitats ouverts (auparavant 75% de la surface des savanes, maintenant peut-être entre 80 et 90%) il est nécessaire de souligner l'importance économique du chiguïre (*Hydrochaeris hydrochaeris*), et du caimán (*Caimán crocodilus*). Ce dernier animal est élevé dans des fermes spécialisées et représente une ressource exportable significative. Les oiseaux, les félins et amphibiens ont un intérêt scientifique, écologique et touristique plus qu'économique.

Les habitats fermés des forêts ont pu, au terme d'une longue période d'évolution, abriter une spectaculaire diversité d'espèces adaptées à l'immense variété des micro habitats présents. La lecture du chapitre permet de se rendre compte de cette grande diversité de mammifères (depuis des marsupiaux, des rongeurs, chauve-souris, jusqu'à des primates) d'oiseaux (guacamayos et perroquets variés sans oublier le tucán qu'ils sont des exemples connus de tous) de serpents (herpetofaune diversifiée) amphibies et bien d'autres groupes.

Comme tout inventaire, ce travail est destiné à accumuler des connaissances descriptives du milieu. C'est l'avenir qui démontrera l'utilité de tels recueils de données dans les recherches et l'aménagement du territoire.



## **SECONDE PARTIE:**

### **LA SITUATION CLIMATIQUE ET PEDOLOGIQUE ACTUELLE**

La seconde partie du livre est consacrée à la description des conditions actuelles du climat et des sols des llanos ainsi que celles de leur principaux processus de dégradation. L'extrême variabilité spatiale et temporelle des précipitations à l'échelle micro-locale, dans le cadre d'une relative uniformité régionale et sous-régionale, ne justifie pas une description très détaillée. De plus, elle pourrait être rapidement rendue désuète par l'effet des changements climatiques actuels.

La distribution géographique des sols est illustrée par une carte originale informatisée qui regroupe les unités taxonomiques de sol dans de grandes unités géomorphologiques, et ceci sous un format qui permet de varier l'échelle en fonction des besoins du lecteur. Sans aucun doute, ce travail va servir pendant longtemps de base à de multiples travaux de cartographie.

Malheureusement, la dégradation des sols a accompagné le développement agricole. Ces processus de dégradation ont été décrits de manière ponctuelle dans bien des sites des llanos mais il n'existe pas encore de cartes précisant leur extension. Le chapitre correspondant est donc plus consacré à décrire les processus de dégradation observés qu'à proposer des stratégies spécifiques à chaque région pour conserver ou améliorer les sols.

#### **Chapitre 4. Climat des Llanos du Venezuela (Pablo Marvez, UNELLEZ)**

Le cadre climatique dans lequel se développent les activités agricoles des llanos est constitué par deux saisons: une saison sèche de décembre à mars et une pluvieuse de mai à octobre. Ces deux saisons sont séparées par des transitions où les précipitations erratiques, et souvent violentes, constituent le plus grand facteur de risque climatique pour les cultures annuelles. Dans ce cadre général, il est indispensable de différencier des sous-régions climatiques en rapport avec le gradient de précipitation et d'humidité qui croît de l'est vers l'ouest des llanos. Une carte des quatre sous-régions climatiques illustre l'extension de ces différences et peut être superposée à la carte de sols du chapitre suivant. Deux cultures par an sont possibles à l'ouest, tandis que l'irrigation est rendue indispensable dans le centre et l'est des llanos. Après ces considérations générales, le reste du chapitre s'attache à décrire les conséquences des interactions entre le gradient de précipitations et les caractéristiques des sols. On décrit en détail les conséquences actuelles des

changements climatiques qui se sont produits pendant les périodes antérieures durant lesquelles se sont modelés les paysages actuels. L'auteur propose enfin une vision prospective des conséquences possibles des actuels changements climatiques sur les llanos.

## **Chapitre 5. Géomorphologie et sols des Llanos vénézuéliens (Richard Schargel UNELLEZ)**

On pourrait dire que ce chapitre constitue l'axe central du livre. La carte de sols qui est présentée ici aura un rôle fondamental pour les recherches futures et la planification du développement des llanos. Pour ne pas tomber dans les inconvénients de documents trop détaillés et imprécis, comme le sont parfois les cartes d'unités taxonomiques de sols, l'auteur propose un cadre valable à l'échelle de l'ensemble des llanos (1/4.000.000) mais qui s'adapte aux nécessités spécifiques de chaque lecteur grâce aux changements d'échelle permis par l'informatisation ainsi que par la présence de références topographiques suffisantes (villes et rivières). Dans ce cadre général, on pourra insérer des études détaillées existantes ou à venir.

La première partie du chapitre est consacrée à l'histoire géologique régionale et à la description des actuelles unités de paysage. Le reste consiste en une révision détaillée des sols et de leur utilisation actuelle ou potentielle. Les ressources en sols des llanos sont présentées sous forme de légende détaillée de la carte où les types de sols sont regroupés par unités géomorphologiques. La consultation du chapitre s'appuie donc sur 39 regroupements géomorphologiques d'unités taxinomiques de sols (selon les définitions du Soil Survey Staff 1999). Ces unités géomorphologiques peuvent être à leur tour reclassées dans les neuf types de paysages définis.

Grâce à la précision de ces définitions hiérarchisées, l'utilisateur pourra se resituer sur le terrain et interpréter le paysage qui l'entoure. En outre, les responsables d'opérations d'aménagement du territoire auront à leur disposition une planimétrie approximative des ressources en sol de chaque zone de la carte. Un travail supplémentaire de photo-interprétation locale et des tournées de terrain pourront rapidement donner la précision requise pour chaque application. Le caractère exemplaire de ce chapitre doit être souligné ici puisque peu de régions du monde disposent d'un outil descriptif qui synthétise autant d'information scientifique dans un seul document d'échelle variable.

## **Chapitre 6. Dégradation des sols llaneros (Roberto López, Fernando Delgado CIDIAT, Universidad de los Andes)**

L'intention des auteurs de ce chapitre est de faire connaître au lecteur la situation alarmante dans laquelle se trouve une proportion inconnue mais croissante des sols des llanos. Cette situation résulte de politiques erronées et de pratiques inadéquates, soi-disant destinées à améliorer la production mais qui ne prennent pratiquement jamais en considération la durabilité des systèmes de production.

Les auteurs définissent d'abord les principaux processus de dégradation auxquels sont soumises les terres des llanos (érosion éolienne et hydrique, compactage, formation de croûtes superficielles, anaérobioses, épuisement de nutriments, acidification pollution, salinisation et dégradation biologique), pour indiquer ensuite les régions où ils ont été ponctuellement observés. Dans la mesure du possible, sont indiquées les études effectuées dans ces régions et les interventions qui pourraient être proposées pour remédier à la détérioration constatée. En ce sens, on souligne qu'il ne serait pas juste de pointer seulement du doigt, comme cause d'apparition de tels processus, les modes d'exploitation des sols par les agriculteurs pendant ces dernières décennies. Ce serait oublier la responsabilité égale ou supérieure de l'État vénézuélien de par ses politiques agricoles uniquement conçues et mise en oeuvre par l'octroi des crédits, subventions, détermination des prix des facteurs de production et des produits agricoles, et par ses politiques d'importations et de stimulants pour l'exportation. D'autre part, il ne faut pas oublier non plus que l'absence de programmes concrets visant à divulguer et favoriser des alternatives pour la diversification de la production conduisait forcément à l'adoption de pratiques, méthodes et procédures orientées vers l'utilisation intensive de ces terres sans aucun critère d'aptitude à soutenir dans le temps une production intensive.

Par manque d'information cartographique, on ne peut pas indiquer l'extension des phénomènes décrits. Il faudrait, pour cela, une cartographie spécifique basée sur des observations de terrain et des photo-interprétations adéquates. Une information quantitative, bien établie, aiderait à induire les changements souhaitables dans les pratiques agricoles des llanos visant tant à la production immédiate qu'à la conservation du patrimoine sol pour les futures générations.

## **TROISIEME PARTIE :**

### **AGRICULTURE ET FERTILIZATION DES SOLS DES LLANOS.**

La troisième partie du livre se focalise sur divers aspects techniques de l'utilisation agricole des terres des llanos. Cette utilisation agricole des sols s'inscrit tout d'abord dans le cadre du cycle de l'eau, qui conditionne à son tour les cycles bio-géochimiques des principaux éléments intervenant dans les systèmes sol- plante.

La connaissance des principales caractéristiques de ces cycles permet de diagnostiquer les facteurs limitant de la production végétale et de remédier à ses insuffisances éventuelles.

Ces considérations de base permettent d'évaluer les politiques de distribution et d'utilisation des engrais dans l'agriculture des llanos. De telles politiques ont évolué avec le temps, évolution qui se reflète dans leurs effets sur les systèmes de production.

Un bon exemple de ces évolutions est donné par le système de production du riz, dont l'avenir est un des plus prometteur pour les llanos.

La dernière partie du livre finit par deux chapitres. L'un est consacré à l'évocation des techniques de communication sociale qu'il est nécessaire de dominer pour pouvoir influencer le processus de production et la gestion des sols. L'autre est consacré à explorer une approche entre l'offre et la demande technologique dans le monde agricole vénézuélien.

Ainsi se termine cette dernière partie de l'ouvrage qui constitue une tentative de donner une vision globale et complexe des terres cultivables des llanos. Une telle vision est indispensable si l'on prétend créer des agro systèmes plus adéquats permettant aux futures générations de Vénézuéliens d'assumer le défi d'organiser leur production alimentaire et leur économie sans rente pétrolière.

### **Chapitre 7. Cycles des nutriments dans les sols cultivés (Jean-Marie Hétier, IRD).**

Avant de commenter les interventions possibles en matière de gestion des sols dans les llanos, il semble indispensable de renouveler, par une série de concepts de base, les notions traditionnelles de richesse ou pauvreté des sols.

On définira tout d'abord la fertilité d'un sol comme sa productivité maximale pour une culture donnée. Cette fertilité dépend de beaucoup de facteurs physiques, chimiques et biologiques et pas seulement de la présence ou de l'absence de tel ou tel nutriment. D'autre part la fertilisation correspond à un ensemble d'opérations destinées à établir ou à reconstituer la fertilité en prenant en compte le système sol-plante dans toute sa complexité. À ce propos, il est actuellement évident, pour beaucoup de scientifiques de la science du sol, que la vision statique de réserve de nutriments entraîne des recommandations de fertilisation erronées expliquant, dans bien des cas, la détérioration des sols et de l'environnement.

Après avoir redéfini les concepts de fertilité et de fertilisation, on décrit d'abord les principales caractéristiques du cycle de l'eau. En effet, de ce cycle dépend la vie du sol et tous les autres cycles bio géochimiques en commençant par ceux de la matière organique, du carbone et de l'azote. La description de ce dernier cycle, donne l'occasion de souligner la nécessité de différencier les flux bruts d'azote de leurs résultats nets pour pouvoir profiter des apports de la modélisation dans la gestion des engrais azotés.

L'examen des cycles du soufre et du phosphore permet de placer, dans son contexte bio géochimique, deux phénomènes très connus dans les sols des llanos: l'acidification par oxydation du soufre et l'immobilisation du phosphore par les hydroxydes de fer et d'aluminium.

Les autres cycles de nutriments ( $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ) sont relativement plus simples, mais leur connaissance est indispensable pour comprendre la portée des recommandations traditionnelles de fertilisation et de chaulage. De même, il est nécessaire de connaître les cycles du fer, de l'aluminium et du manganèse qui conditionnent, indirectement et avec des effets négatifs très importants, la croissance des plantes. Une simple évocation des cycles des micro nutriments sert enfin à souligner l'importance des interactions entre des éléments nutritifs et toxiques, lesquels ne doivent jamais être considérés isolément.

On démontre, en conclusion, la cohérence entre les deux types d'analyses systémiques, à savoir la description des cycles bio géochimiques et la simulation du système sol plante par les modèles informatisés. L'analyse des cycles sert à connaître qualitativement les flux d'éléments. L'autre analyse sert à simuler quantitativement les cycles de nutriments dans des modèles qui privilégient la vision dynamique des phénomènes d'échange entre le sol et la plante. L'utilisation de la modélisation donnera toujours plus de sécurité à l'agronome que les essais empiriques. D'abord, elle consolidera l'organisation d'expériences agronomiques, ensuite elle améliorera les prévisions des

interactions entre des éléments nutritifs ou toxiques, et par voie de conséquence la prévision des résultats agricoles.

## **Chapitre 8. Facteurs limitants de la fertilité des sols des llanos (J. M. Hétier IRD).**

L'organisation de ce Chapitre obéit à la même logique que le précédent. Sans se contenter de constater la seule présence des principaux nutriments, on considère les facteurs limitants dans toute leur complexité, y compris la dynamique de chaque élément dans le contexte physico-chimique spécifique du lieu et ses interactions avec les autres constituants. Les bilans de nutriments restent une condition nécessaire mais non suffisante pour organiser des interventions de fertilisation.

Ces interventions doivent se baser plutôt sur la possibilité d'orienter et d'augmenter, si nécessaire, les flux de nutriments du système sol-plante pour assurer une bonne récolte sans détériorer le système. Le diagnostic des facteurs limitants pour une culture donnée dans un lieu donné, doit donc être basé sur un examen global de l'agro-écosystème en incluant ses propriétés physiques, le profil racinaire et l'état biologique du sol. Sur cette base, et en prenant en considération les caractéristiques des cycles décrits antérieurement, on peut organiser les apports d'engrais azotés, phosphoriques, potassiques et le chaulage avec une double sécurité: celle d'obtenir le résultat souhaité et celle de pouvoir détecter rapidement le défaut si l'intervention ne réussit pas.

La révision des principaux problèmes de fertilisation des terres des llanos est menée à bien à partir d'une sélection de la littérature nationale. Cette révision vise à récapituler les principaux problèmes et à proposer des voies de recherche vers des solutions satisfaisantes pour la productivité et la rentabilité immédiate des cultures dans le respect des équilibres écologiques. Les principales méthodes de détection des facteurs limitants sont rappelées avant d'énumérer les principaux types d'intervention: méthodes de labour, activation biologique et évidemment addition de nutriments.

Les apports d'azote, de phosphore et de potassium ont fait l'objet de publications innombrables à partir d'expériences effectuées dans les terres des llanos. Les travaux choisis dans ce chapitre servent à illustrer comme pourrait-on maintenant compléter les connaissances actuelles et les reclasser dans la logique des cycles bio géochimiques décrits dans le chapitre précédent. Il en va de même à propos du chaulage, qui provoque parfois des interactions parfois

mal prises en compte par les producteurs. On souligne enfin le rôle de la fertilisation organique pour surmonter les carences de micro-éléments et les problèmes de toxicité. Le chapitre se termine par un paragraphe spécialement destiné à l'examen des principales interactions.

Il est recommandé, en conclusion, d'orienter les recherches futures dans deux voies essentielles: le développement d'études multidisciplinaires (incluant le rôle des racines et de la biomasse microbienne du sol) et la multiplication des essais pluriannuels. Quelques essais pluriannuels apporteront toujours davantage d'information valable et modélisable que la multiplication d'essais dispersés et incomplets effectués dans des conditions incontrôlables.

### **Chapitre 9. Passé y présent des politiques de distribution et d'utilisation des fertilisants dans la production agricole des llanos (Eduardo Casanova, UCV-PALMAVEN).**

L'auteur rappelle d'abord certaines données fondamentales de l'agriculture vénézuélienne d'aujourd'hui (résultats de l'année 2001). Des 7,3 millions d'hectares cultivés, 5 millions sont consacrés à la production de pâtures introduites, 0,5 millions à des plantations de pins, d'eucalyptus et de tecks et un autre demi-million aux arbres fruitiers. Cette année là un peu plus de 1 million d'hectares seulement ont été consacrés à des cultures annuelles, dont 0,52 millions d'hectares au maïs, 0,27 millions au sorgho et seulement 0,13 millions d'hectares au riz. Le reste des surfaces cultivées est voué aux légumes et divers.

Face à la nécessité de satisfaire la demande nationale, divers gouvernements ont essayé, depuis la moitié du siècle passé, de mettre en oeuvre plusieurs politiques de stimulation de la production. D'abord, on a organisé la production industrielle d'engrais pour, à son tour, augmenter la consommation nationale et diminuer, proportionnellement, les importations. Plusieurs politiques de subvention ont été mises en oeuvre mais après avoir constaté, dans le cas du maïs, que l'augmentation de production et de productivité ne varie pas en relation directe avec la consommation d'engrais, on a éliminé les subventions à la fin du siècle dernier. Toutefois, il a pu être démontré que l'utilisation rationnelle de l'engrais en pâture facilite le processus de récupération de terres et la rentabilise.

En vue d'une agriculture durable qui combine la productivité présente avec la conservation du système de production pour l'avenir, il est maintenant nécessaire de changer de perspective. Il est indispensable de considérer le

fonctionnement du système de production dans son ensemble et de ne plus se contenter d'ajouter et de soustraire des masses de nutriments de manière arbitraire sans prendre en considération les conditions d'immobilisation-reminéralisation de chacun d'eux dans chaque système sol-plante.

## **Chapitre 10. Les politiques agricoles de fertilisation et leur évolution (Baudilio Mendoza, UNELLEZ).**

L'auteur reprend l'histoire du développement de l'agriculture vénézuélienne mais, cette fois, dans le but d'analyser les processus de rationalisation sous-jacents à l'évolution historique. Cette évolution a été vécue par ses acteurs comme une modalité locale d'un processus général de modernisation affectant l'ensemble du monde après la seconde guerre mondiale. La caractéristique de l'intervention étatique initiale était limitée aux seuls crédits accordés. Ce type d'intervention a changé au fur et à mesure du processus d'industrialisation nationale, processus qui a provoqué un exode rural accéléré amenant les gouvernements démocratiques à soutenir le développement agricole naissant. L'intervention étatique devint alors plus technique et se diversifia en passant de subventions dispensées aveuglément à un développement de l'assistance technique qui a fini par retomber entre les mains du secteur privé.

Une fois rappelée cette évolution historique, l'auteur essaye d'analyser la situation actuelle en termes d'offre et de demande technologique. Il souligne la confrontation de logiques différentes selon le point de vue étatique et les diverses visions que peuvent partager plusieurs types de producteurs. Entre ces logiques, il est difficile de situer clairement le rôle des organisations corporatives et des institutions de recherche qui, souvent, agissent comme médiateurs entre la demande et l'offre technologique. La principale originalité de l'analyse proposée par l'auteur consiste à discriminer ce qui est macro-perspective, qui (grosso-modo) correspond à ce qui est institutionnel, de la micro perspective qui permet d'analyser l'influence de facteurs psychosociaux et en particulier l'influence du comportement de l'agent technique qui est l'instrument de la fonction de médiation évoquée plus haut. Pour pouvoir analyser cette fonction de médiation, l'auteur propose de différencier ce qui relève de la vulgarisation agricole (comportant une interaction entre le technicien et le producteur) de ce qui relève de l'assistance technique (où le



producteur se contente d'être un récepteur passif d'informations indiscutables provenant de la recherche scientifique).

En prenant comme exemple l'évolution historique du transfert de connaissances sur les engrais, l'auteur souligne le caractère incohérent du processus de transfert de technologie en général et termine par une conclusion pessimiste ne voyant pas actuellement de prémises d'un effort de rénovation conceptuelle du secteur de la technologie agricole.

### **Chapitre 11. Le système de production du riz dans les Llanos Occidentales du Venezuela (Luis Alvarez, UNELLEZ).**

Ce chapitre a un double intérêt: d'une part informer le lecteur sur la situation de la culture du riz dans les llanos occidentaux du Vénézuéla et d'autre part de servir de modèle pour de futures expériences de modélisation à réaliser pour d'autres cultures. L'auteur associe la description des sols et des conditions techniques de cette culture avec celle des processus de dégradation induits par des techniques erronées de préparation de terre et une fertilisation démesurée. Ces descriptions sont proposées en vue de former un personnel scientifique et technique capable d'éviter la détérioration de sols de rizières dont la récupération sera très coûteuse pour les futures générations.

Comme exemple de rationalisation du système de production, il cite les principaux résultats de vingt années de recherches en matière d'optimisation du système de culture du riz basées sur la méthode déductive. Cette méthode consiste à élaborer des hypothèses matérialisées par les paramètres et les variables d'un modèle de simulation pour ensuite organiser des expériences destinées à les valider in situ. L'avantage de cette méthode consiste à gagner du temps et de l'argent dans l'acquisition des connaissances scientifiques et techniques indispensables pour l'organisation de cultures rentables et respectueuses de l'équilibre du système de production. L'auteur de ce chapitre démontre le bien fondé de cette approche, par le fait d'avoir pu produire, pendant ces vingt années avec peu de moyens humains et financiers, des connaissances articulées (associant la plante, le sol et la fertilisation) sur la production de riz dans les llanos occidentaux.

Comme recommandation pratique, on doit citer, principalement, le fractionnement de la fertilisation et l'élaboration de plans de rotation de cultures comme premières mesures visant à éviter la détérioration des sols. Ce travail exemplaire peut, maintenant, servir de base à élaborer des plans d'action pour

les autres cultures des llanos. Il revient à la UNELLEZ (Université Expérimentale des Llanos) d'organiser et d'effectuer la plus grande part de cette tâche, dans la mesure où l'institution a adopté cette orientation et obtient les moyens humains et financiers adéquats pour appliquer cette politique institutionnelle.

## **Chapitre 12. Représentations sociales et transfert de technologie dans le secteur agricole (Lucy Alvarez de Hétier, LUZ-CE).**

Le processus de transfert de technologie met en contact des logiques différentes qui proviennent soit du savoir scientifique soit du sens commun. Ces connaissances sont imprégnées de représentations sociales, lesquelles peuvent soit compliquer soit faciliter la communication entre les agents techniques et les producteurs ainsi que le changement des pratiques d'utilisation rationnelle des engrais. À partir de cette constatation, une étude théorique des facteurs conditionnant l'efficacité de l'intervention étatique en matière de productivité agricole et de gestion des sols a été effectuée. La confusion conceptuelle et le manque de conscience de la nécessité de connaître les représentations que se font les divers acteurs du monde agricole, ont empêché les diverses tentatives d'intervention d'atteindre leurs objectifs. Comme tentative d'établir de nouvelles bases pour des interventions plus efficaces dans le futur, on s'est proposé de détecter les représentations que se font les diverses catégories de producteurs et d'agents techniques de deux items de représentation d'importance fondamentale: la fertilité et la fertilisation des sols.

Cette étude a pris la forme d'une analyse de contenu du discours écrit émis par un des principaux acteurs institutionnels du secteur, PALMAVEN (32 brochures de divers types édités par celle Filiale de Petroléos de Venezuela pour l'appui au secteur agricole) et du discours oral de 43 acteurs choisis dans trois catégories de producteurs (petits, moyens et grands) et deux catégories d'intervenants (techniciens et ingénieurs). Les résultats sont d'abord présentés dans le cadre de la différenciation entre les trois visions de la nature qui ont conditionné, successivement, les interventions étatiques dans le monde agricole.

La première considère la nature comme ressource presque illimitée, vision qui a permis la promotion, à travers le MAC (Ministère de l'agriculture et de l'élevage), de la mécanisation sans frein d'une agriculture modernisée. La seconde vision est celle d'une la nature menacée par une agriculture agressive,

vision matérialisée par la création du MARN (Ministère de l'environnement et des ressources naturelles). La troisième est la vision actuelle de la nature comme ensemble interactif d'écosystèmes plus ou moins harmonisés qui induit à une gestion agro-écologique de l'environnement naturel et social. Ces trois visions se retrouvent combinées dans les représentations de la fertilité et de la fertilisation comme le montre l'analyse de contenu des discours écrit et oral examinés.

Ces discours se caractérisent, principalement, par la pluridimensionalité des évocations des plans économiques, culturels, politiques, sociologiques qui sont croisés au moyen d'intersections définissant la connaissance technique et commune, les pratiques, l'écologique et l'institutionnel. L'autre caractéristique significative de ces discours est la diversité des formes argumentaires qui peuvent structurer les discours en jugements catégorico-normatifs ou hypothético-déductifs ou en simples relations de concomitance, nécessité, comparaison, re formulation ou encore, simple recours aux faits.

Un des obstacles aux interventions effectuées par les institutions étatiques ou privées, provient de la difficulté à différencier les concepts de fertilité et de fertilisation même dans le discours écrit des intervenants. Cette difficulté se reflète dans la similitude du discours oral des divers types d'acteurs sociaux qui interviennent dans le processus de production agricole où le concept de fertilité est plus confus que celui de fertilisation.

Le discours écrit a un caractère normatif et, plutôt que de se préoccuper de créer un espace de dialogue avec les producteurs considérés, il les considère plutôt, comme des récepteurs passifs. Le recours de ce type de discours au principe de causalité, constitue une différence fondamentale avec le discours oral de tous les acteurs qui recourent, souvent, aux autres formes argumentatives dans le but de convaincre et non de démontrer.

On espère que l'étude de ces résultats serve d'exemple pour de futures recherches et aide à modifier, efficacement, les formes d'intervention étatiques et privées et à promouvoir, ainsi, la création d'un véritable espace de dialogue rendant possible la diffusion de technologie agricole et dans la totalité de la Communauté agricole des llanos.

### **Chapitre 13. La demande technologique du secteur agricole, Llanos Occidentaux, Etat Portuguesa (Eduardo Casanova, Juan Comerma, UCV-PALMAVEN)**

Une étude détaillée et représentative de la demande technologique des 300.000 producteurs agricoles vénézuéliens est hors de la portée des institutions consacrées aux tâches de diffusion de technologie agricole. Aucune d'entre elles n'a les moyens et le temps de faire une enquête systématique sur des échantillons représentatifs de producteurs.

Pour cette raison, les auteurs se sont appuyés sur une enquête indirecte dont les résultats, fournis par 13 agents techniques de Palmaven-Portuguesa, ont été organisés et hiérarchisés grâce à un questionnaire élaboré en vue de synthétiser l'information correspondant à la demande technologique d'approximativement 4% des producteurs de l'État Portuguesa.

Les résultats de cette enquête constituent un exemple de tentative, de la part d'une institution étatique d'intervention, d'orienter dans l'avenir l'offre technologique d'une manière plus efficace. Dans ce processus, l'agent technique joue un rôle crucial de médiateur en fournissant et en pondérant l'information (qu'il est seul à connaître au départ) au moyen des réponses qu'il donne à un questionnaire élaboré selon les normes de l'institution à laquelle il appartient. Malgré le processus de contrôle de l'information obtenue par confrontation avec des spécialistes d'autres institutions, il ne s'agit pas de considérer cette tentative comme une méthode scientifiquement validée, mais comme un modèle qui doit être perfectionné dans d'autres contextes.

De même que le discours circulant sur un sujet donné, peut être recueilli à travers un nombre limité d'entrevues qualitativement bien effectuées, on peut estimer que les résultats obtenus ici reflètent les inquiétudes de beaucoup de producteurs pendant les saisons des pluies 1997 et 1998 durant lesquelles ont été remplis les questionnaires. Le traitement de l'information rassemblée permet de différencier les facteurs en les hiérarchisant en facteurs primaires, secondaires et tertiaires qui conditionnent ou limitent la production du maïs, du riz et du pâturage artificiel dans cette zone des llanos occidentaux.

En ce qui concerne le maïs, il est intéressant de savoir que la première préoccupation des producteurs est que, quasiment jamais, ils n'obtiennent l'engrais qu'ils sollicitent et doivent fertiliser avec ce qu'ils trouvent, et ne peuvent donc pas respecter les recommandations élémentaires de dose et de date d'application. Il se passe la même chose avec les semences certifiées qui sont fournies sans grande garantie de qualité et d'uniformité.

Dans le cas du riz, la première préoccupation est la qualité de la semence trouvée sur le marché, semence qui n'a pas la qualité et l'état phytosanitaire désirable. Les résultats reflètent, aussi, les difficultés d'organisation de l'irrigation et surtout l'incertitude de rentabilité économique qui dépend, au premier chef, des prix imposés par les organismes acheteurs. Dans le cas du riz, on peut comparer ces résultats avec les données du Chapitre 11, qui soulignent la rentabilité souvent négative de cette culture et l'incapacité de la majorité des producteurs d'assurer la durabilité de leurs systèmes de production. Sur ces deux derniers points, l'enquête n'apporte guère d'information ni pour le riz ni pour la pâture.

Toutefois, cette tentative d'enquête indirecte présente l'avantage de fournir, rapidement, des informations abondantes qui pourraient, probablement, être facilement complétées et consolidées dans l'avenir. Pour le moins, elle reflète très bien la position respective de l'institution étatique et de l'agent technique entre le monde de la production et de la distribution.

## CONCLUSIONS

Pour terminer cette présentation, nous croyons important de rappeler tout d'abord que l'avancée de la frontière agricole des llanos a été relativement rapide pendant les cinquante dernières années en raison des caractéristiques de relief, de climat, et de végétation de la savane. Les llanos représentent la troisième partie du territoire national mais possèdent 70% des meilleures terres (Mogollón, 1977) lesquelles atteignent seulement deux millions d'hectares soit 2% du territoire national. Dans leur majorité, ces bonnes terres sont déjà occupées. Par conséquent, il est évident que l'avenir de l'agriculture vénézuélienne passe d'abord par une amélioration de la productivité de ces bonnes terres, mais aussi par une amélioration de terres de catégorie moyenne et enfin, par la recherche de plantes adaptées aux conditions des sols les plus déficients.

Le présent ouvrage prétend contribuer à l'accomplissement de ces trois objectifs à travers ses conclusions, recommandations et orientations. Comme nous l'avons vu, les inventaires qui constituent la première partie méritent parfois d'être complétés ou consolidés dans la mesure où ils constitueront toujours des bases indispensables pour de futures recherches même si elles sont effectuées avec des buts différents. Mais il manque encore d'autres inventaires, ceux des ressources hydriques et minéralogiques, par exemple.

La description des ressources naturelles aura toujours besoin d'être mise à jour pour tenir compte des évolutions de l'environnement et de la reconstruction permanente des concepts et des techniques qui structurent ces descriptions.

L'accélération des changements climatiques et la prévision de ses conséquences provoquera probablement la révision rapide des données climatiques.

La géomorphologie évolue peu à l'échelle humaine de temps, mais les définitions taxinomiques des sols peuvent évoluer rapidement et, plus encore, les paramètres analytiques que les étayent. On peut aussi attendre des progrès rapides en matière d'utilisation la télédétection en cartographie. Nous avons vu qu'un inventaire cartographique des indices de pollution et de dégradation des sols et des eaux serait de première utilité pour prendre les précautions appropriées avant d'arriver aux situations irréversibles provoquées par les utilisations abusives des ressources naturelles comme on l'a déjà constaté dans d'autres continents.

La troisième partie du livre est, bien sûr, celle qui contient le plus de conclusions, recommandations et orientations spécifiques. Nous insisterons à

nouveau ici sur la nécessité de compléter les classiques bilans de nutriments par une connaissance détaillée des cycles bio géochimiques des cycles de chaque composant du système sol- plante et des multiples interactions mutuelles. Les bilans resteront indispensables pour les économistes analysant leurs conséquences sur les politiques d'indépendance alimentaire et pour que les producteurs agricoles prennent les décisions appropriées pour veiller à l'avenir des sols nationaux (Hébert, 1984). Il y a déjà plus de dix ans qu'il a été calculé que, globalement, l'Amérique latine perd annuellement 1000 kilo-tonnes d'azote, de 140 kT de phosphore et 350 kT de potassium en raison de l'exportation de denrées alimentaires (approximativement la moitié des pertes américaines par le même concept) tandis que l'Europe accumule des quantités similaires (Cooke, 1986). Mais la durabilité des sols comme composant essentiel des agro-systèmes, ne peut pas seulement être calculée en terme de bilan national, régional ou local d'éléments nutritifs mais aussi par des considérations de type qualitatif.

Le sol, comme système vivant, doit être capable de ne pas gaspiller les apports d'engrais mais de les valoriser dans l'immédiat et de les accumuler pour l'avenir. Comme système vivant, le sol abrite un à dix milliards de micro-organismes par kg de sol sec. Il doit donc être décrit comme tel, c'est-à-dire comme un système dont la vie se traduit par des flux de matière et d'énergie qui le traversent continuellement. Cette vision systémique du sol est bien illustrée par les cycles bio géochimiques qui mettent en rapport leurs éléments constitutifs, ce que n'est pas le cas de la vision traditionnelle statique de tiroirs plus ou moins pourvus d'éléments disponibles.

Pour obtenir des changements significatifs dans les représentations du sol qui orientent les agriculteurs des llanos, une immense tâche pédagogique reste à faire en se basant sur les résultats de recherches nationales et locales en privilégiant celles qui rendent compte de la biologie de ces sols et des particularités des cycles bio géochimiques de chaque composant et de leurs multiples interactions. Cette tâche requiert la multiplication de laboratoires bien dotés de matériels et dirigés par enseignants-chercheurs stables et conscients de leurs responsabilités individuelles et collectives.

L'ère de l'agriculture minière en expansion dans un espace illimité de la tradition « conuquera » s'est terminée. A sonné l'heure de l'agriculteur jardinier responsable du bon état de sa parcelle et de l'eau de son puits, un agriculteur qui travaille non seulement pour sa famille mais aussi pour sa descendance. Au terme des réserves pétrolières, l'avenir de l'immense ressource que représentent les terres des llanos doit maintenant se préparer activement pour en faire un

ensemble d'agrosystèmes diversifiés, respectueux de l'écologie locale et produisant des aliments et des fibres de tout type pour la consommation locale et l'exportation. À l'échelle régionale, la responsabilité des producteurs sera bien sûr d'améliorer leur production, et celle de l'Etat sera d'assurer que cette production contribue non seulement à conserver, mais encore à améliorer les sols et les eaux dont auront besoin les futures générations. Pour y parvenir, tous doivent prendre conscience des réalités que l'on oublie en sous le poids des difficultés quotidiennes.

Au-delà de ses obligations actuelles, l'État vénézuélien pourrait assumer ses responsabilités vers les futures générations de plusieurs manières. Nous avons évoqué le renforcement des recherches nationales et locales orientées vers la biologie des sols mais elles doivent être aussi accompagnées d'une série de mesures techniques et sociales. Entre de multiples idées proposées, nous en avons retenu une qui mérite d'être mise à l'épreuve. Pourquoi ne pas récompenser l'effort effectué par le producteur pour laisser des sols améliorés au terme de son activité productive en le faisant bénéficier d'un système de retraites proportionnel à la qualité des terres qu'il laissera à ses successeurs?

La prise en compte du sol comme ressource non renouvelable qui mérite largement les investissements que représentent les amendements et les engrais, ne paraît pas avoir été suffisamment prise en considération par la loi de développement agricole et de sécurité alimentaire du Vénézuéla. L'analyse détaillée de cette loi et de ses antécédents historiques (Borgucci et al., 1999) révèle la contradiction entre les compromis de libéralisation du secteur agricole souscrits par le pays devant l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) et le désir de l'État vénézuélien de continuer à intervenir sur les crédits bancaires aux producteurs et sur les prix au consommateur au moyen d'importations conjoncturelles. Les termes de cette contradiction économique à court terme, semble avoir fait oublier aux auteurs de la loi préoccupés par la sécurité alimentaire à court terme, d'élaborer une politique nationale de gestion rationnelle des sols.

Il reste maintenant à espérer que la pression coordonnée des scientifiques, des producteurs et des consommateurs parviendra à ce qu'une gestion des sols des llanos soucieuse de leur conservation et amélioration commence enfin et qu'ainsi les générations futures échappent aux conséquences de la logique économique à court terme qui est celle de l'OMC.

Ces changements doivent se baser sur l'élaboration de technologies autochtones qui tendent à assurer à la fois l'augmentation nécessaire de la productivité et la conservation ou l'amélioration des sols. Ce sera le rôle des



scientifiques vénézuéliens de remplacer les technologies importées, (dont application l'aveugle a provoqué tant de dommages) par des recommandations conformes aux intérêts véritables des producteurs et de toute la population. Durant les années à venir, pourrait se produire dans les terres des llanos une expansion des cultures annuelles non seulement là où les conditions édapho-climatiques sont moins défavorables, mais aussi une expansion des pâturages qui peuvent occuper des sols les plus défavorables.

Il ne manque pas d'études agroéconomiques qui démontrent la capacité des terres cultivables vénézuéliennes à contribuer aux nécessités alimentaires et d'habillement du pays mais aussi aux exportations d'aliments vers le Nord (Trujillo, 1995). On peut même espérer que ce développement à venir contribue progressivement à remplacer les exportations de pétrole en justifiant ainsi le fameux refrain jamais mis en oeuvre qui recommande depuis longtemps "d'ensemencer le pétrole". Puisse cet ouvrage contribuer à stimuler la réflexion de tous les acteurs des terres des llanos et aider à construire leur avenir.

## BIBLIOGRAPHIE

- Abbadie L., Lepage M., et al. (1996). "Paradoxes d'une savane africaine: comment des sols apparemment pauvres entretiennent une végétation abondante." *La Recherche* **Mai 96**: 36-38.
- Avilán-Rovira J., Eder. H. M. (1986). *Sistemas y Regiones Agrícolas de Venezuela*. Caracas, Fundación Polar.
- Cooke G.W. (1986). Nutrient Balances and the Need for Potassium In Humid Tropical Regions. Nutrient Balance and the Need for Potassium, Reims France, IPI P.box 121 CH 3048 Worblaufen-Bern.
- Espinoza F., Manrique. A. (1996). "Perspectivas de los sistemas agroforestales y silvopastoriles en Venezuela." *Fonaiap Divulga* **54**: 32-33.
- Hébert J. (1984). Levels of Fertilizer Input and Soil Nutrient Status in European Agriculture. Nutrient Balance and Fertilizer Needs in Temperate Agriculture, Gardone-Riviera Italy, Der Bund Bern Switzerland. 249-273
- Huntley B.J., Walker. B. M., Ed. (1982). *Ecological Studies of Tropical Savannas*. Berlin, Springer Verlag.
- Mogollón L.F. (1977). El potencial agropecuario de las tierras de los llanos venezolanos. Caracas, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables: 2-10.

- Nicholaides J.J., Bandy D.E., et al. (1983). "Continuous cropping potential in the upper Amazon basin." *Ecology and Development Potential*: p. 337-365.
- Pouyllau M. (1992). *Le Venezuela*. Paris, Karthala 217 p..
- Sarmiento G. (1980). *Los ecosistemas y la ecosfera*. Editorial Blume S.A. Milanesat 21-23 08017 Barcelona Barcelona 268 p.
- Sarmiento G. (1984). *The ecology of tropical savannas*. London England, Harvard University Press Cambridge Massachussets Trad. O.Solbrig 235p..
- Silva F., Rodriguez. O. (1973). "Respuesta de la Soya (*Glycine max* (L.) Merr.) a la aplicacion de N, P,y K en un suelo de la serie Sabaneta (Oxic Plinthustult) del Estado Monagas." *Oriente Agropecuario* 5(1 y 2): 37-46.
- Tamayo F (1964). *Ensayo de Clasificación de Sabanas de Venezuela*. Imprenta Universitaria de Caracas. Caracas, Venezuela 63p.
- Trujillo L. (1995). *Evolución de las exportaciones agrícolas: su impacto sobre el desarrollo económico nacional*. Maracay, *Rev.Fac.Agron*. Serie Alcance 48 187p

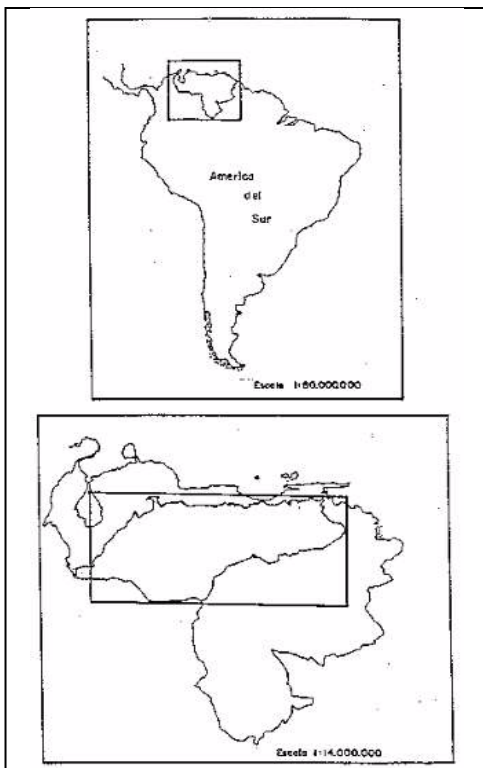


## PRESENTATION

*Jean Marie Hétier*

Soil constitutes a fragile frontier between biosphere and lithosphere (Sarmiento, 1980). In this fragile interface, organized agricultural activities intent to produce goods of immediate consumption but are generally unable to avoid subsequent deterioration of soil, essential component of agricultural production systems. Venezuelan Llanos soils do not escape to this general rule whose consequences ruined many civilizations of the past. The current problem of the Llanos lands consists on passing from the era of soil exploitation (sometimes called mining agriculture) to the era of soil management. An appropriate soil management consists on combining, in a harmonic way, its current productivity with that of the future. This fact is a valid viewpoint not only for the peri-amazon savannahs (Nicholaides, Bandy *et al.* 1983), but for the rest of the world (Huntley, 1982).

To begin this presentation of the Venezuelan Llanos it is indispensable, for the foreign reader who does not know the region, to remember the national tradition of the “conuco”, Venezuelan version of the itinerant cultivation or



shifting agriculture. This tradition was established when the savannah spaces seemed practically limitless with relation to a very reduced population that could, without difficulty, change the cultivation places and establish long lasting fallows. Now, this tradition only exists as a relic in marginal areas of the country (Avilan-Rovira, 1986), however, it is still present in the collective memory of Venezuelan agricultural world and it continues conditioning many behaviors (Pouyllau, 1992). In fact, the main characteristic of Venezuelan Llanos is its large extension, which represents a fourth part (250.000 km<sup>2</sup>) of the country total surface.

In this area, still very wide to the farmer's scale, agricultural activities

continue occupying very variable spaces in function of the national and international link. In Venezuela, agricultural activities evolved during these last fifty years, through a series of cycles where expansion and contraction can have made vary, for example, the area of rice production: between 1 and 2 thousand km<sup>2</sup>, that of sorghum: between 2 and 3 thousand km<sup>2</sup>, and that of corn: between 3 and 4 thousand km<sup>2</sup>. In total, it can be considered that the annual crop cultivations occupy a little more than a million hectares, that is to say 5% of the total surface of Venezuelan Llanos. To this area used for annual crops, it is necessary to add, approximately, five million hectares of cultivated grasses. It takes us to conclude that, at the present time, just 15 to 20% of the Llanos lands are occupied by agricultural activities.

The Llanos agriculture has been and it will continue being one of the pillars of Venezuelan agriculture, but its spatial and inter-annual variability demonstrates that it is not still stabilized and that it is far from having occupied the whole available space. Occupation and stabilization of adapted agricultural productions in this lands will be one of the goals of the new generations of farmers, to whom corresponds the task of occupying, in the most rational way possible, the Llanos east space, taking it at a level of sustainable productivity. Such an occupation of the Llanos space won't be able to be carried out if it doesn't lean on an adequate knowledge of natural environment, and its evolution as effected by agricultural activities.

Agricultural evolution of primary savannah areas should be studied considering a very close relationship to specific characteristics of the savannah ecosystems. At the beginning of the scientific study of Venezuelan savannas, it was unusual to establish a clear separation between description of natural environments and their agricultural use (Tamayo, 1964). This type of confusion blocks efforts of abstraction and conceptualization, and deviates scientific analysis toward an empiric alley. Later, a more scientific study of the Llanos natural environment ended up concluding that its productivity is generally limited, sometimes for drought, sometimes for water excess, always for nutrient shortage and often for the recurrent effect of fire (Sarmiento, 1984). The combination of these factors allowed to build a more logical and coherent classification that, still, has not been questioned.

Knowledge of productivity factors allows, also, to understand that savannahs usually present paradoxical strategies to produce, naturally, big quantities of biomass (Abbadie, Lepage, *et al.*, 1996). Such strategies should inspire, by their actions, to the farmer user of the lands. For example, it is known, from more than thirty years, that soybean gives very good results in the Venezuelan

Llanos soils when its nodulation is enhanced by a good phosphoric fertilization (Silva, 1973), which is an original and efficient way to reinforce symbiotic fixation. Then, reasons exist, unaware to the agriculture-ecological logic, that explain why cultivation of this crop has never been truly developed in Venezuela where almost the whole amount of soybean consumed in the country is imported. Another example is constituted by the fact that a considerable part of actual Venezuelan Llanos agricultural space results of an indiscriminate deforestation. In consequence, agro-forestry development has to be a priority in order to increase Llanos lands production and productivity (Espinoza, 1996). In this book, Venezuelan readers will find several inventories of natural resources and a synthesis of essential knowledge that should be helpful to guide future research work and territorial planning programs. Readers from other countries will find several information, which, in other way are practically inaccessible due to their dispersion in documents of restricted diffusion. They are given, this way, the possibility to get a better idea of agricultural, tourist and industrial potential of this region of high potential in many aspects. So, in order to complete the double purpose of this book, it was necessary to lean on the diversified and abundant literature related to the Venezuelan Llanos that many authors have produced, during the last half century. The space and the assigned time, for the realization of the present work, hindered all pretension of exhaustiveness, considering existent literature on the topic. However, we hope that the selected literature, provide a vision of Venezuelan Llanos that, although incomplete and imperfect, will be global and multidimensional, to make this book a tool for many types of users.

## **FIRST PART: THE INVENTORIES**

The first part contemplates three types of inventories. The inventory constitutes the first stage of all scientific construction, its making, step by step. It starts from questions and statements which gets, progressively, more specific positions. This first stage is indispensable and so important as the following ones.

The first historical chapter can be considered as a chronological inventory of the facts that structured the settlement of the Llanos lands after their discovery and progressive exploration for European conquerors. In 1550, according to historian Brito-Figueroa, conquerors and their descendants formed a population of 2000 white owners of 5000 black slaves and 300.000 natives. Two hundred years later, there were only 120.000 natives overcome for more than 200.000 white owners of 60.000 black slaves, and more than 400.000 mixed race (mestizos) free people. These figures suppose an entire history of which there is almost no written documentation.

Then, the botanical inventory goes, in priority, to the forests but without forgetting the primary savannahs that already covered most of the territory at the beginning of the historical period.

The fauna inventory completes this first part, which will interest the readers that look for existent but too dispersed basic information, what makes them inaccessible to scientific public in general.

### **Chapter 1. Evolution of settlement in the Venezuelan Llanos: periods of discovery, conquest and colonization (Roberto Hidalgo, MARN)**

Historical evocation of Venezuelan Llanos occupation by European conquerors rests on scarce documents such as trip calendars and enumeration of events (v.g. foundation of diverse types of settlements). Documents that present analysis of geographical and social reality of the explored regions are scarce or inexistent. Explorations were organized by settlers in their initial search of natural wealth (pearls, miners and gold) and slaves required as manpower for the Caribbean islands after the Company Welser initial failure. Administrative documents of the XVI and XVII centuries do not give information of the Llanos initial state, when explored by the first Europeans. It is just known outstanding facts as finalization of the conquest initial period at the end of the XVI century for the foundation of the city of Guanare but almost nothing of daily life of populations that were slowly occupying the country.

On the contrary, last century of colonization left enough documentation to describe some features of territorial and social organization of the Llanos populations before wars of independence. The “encomiendas”, the “hatos” and the “misiones” constituted three modalities of land appropriation and subjection of the populations by the settlers whose activity was mainly cattle raising and cocoa, coffee and tobacco cultivation. The administrative organization of the Venezuelan General Captaincy at the end of the XVIII century precedes three decades characterized by the development of independence wars. In the first decade of the XIX century, Venezuelan population was closer to one million inhabitants, concentrating 70% on coastal and mountainous regions, where a Spanish style society settled. The Llanos population, constituted by 200.000 creoles and half-casted people and 100.000 free natives formed a society of oral tradition where the strongest dominated. It would be necessary to explore existent documentation in Venezuela and Spain to try to know which were the roles of these populations in the Llanos, and how they conceived the development of agricultural production.

## **Chapter 2. Forests of the Venezuelan Llanos: general considerations on their structure and floristic composition (Gerardo Aymard, UNELLEZ)**

Description of the Llanos forest natural vegetation consists, essentially, in a detailed summary of several botanical inventories carried out inside the few existing forest reservations and contained by physiographic sub-regions inside the traditional geographical sub-division in western, central and oriental Llanos. Now, only very few vast areas of forests in the Venezuelan Llanos region are subsisting. In the sector of Western and Central Llanos, humid forests have been quickly eliminated because of disordered timber exploitations, associated to invasion processes, fires and total destruction by agricultural activities. There is a reduction on the coverage by forest, that initially was estimated in 25% of the Llanos surface and now it is in the order of 5%, represented by semi-deciduous and gallery forests.

After these inventories, the author proposes, in his final considerations, phyto-geographical interpretation elements of the current situation revealing the subsistence of Amazonian elements inside a dominant flora Caribbean-Llanos without a lot of endemism. He insists about the urgent necessity of implementing energetic protection measures to avoid total loss of the Llanos forests current vestiges (3000 km<sup>2</sup> of deciduous, semi deciduous and evergreen



forests approximately 1% of the Llanos, without including the gallery forests neither the plantations).

### **Chapter 3. Fauna of the Venezuelan Llanos (Antonio Utrera, UNELLEZ)**

This chapter also constitutes a summary of fauna inventories, but, this time, these inventories are ordered according to the main savannah types and forests located to south and north of the Apure River. This fauna wealth is only known by some specialists. It would be better for them to get opportunities to share their knowledge with a wider public.

In spite of its apparent homogeneity, the Llanos fauna is conformed by a varied diversity of habitats where wild fauna takes refuge, feeds and reproduces. Pressure of man activities has borne to a deep transformation of original habitats. Mechanized agriculture, construction of big reservoirs and infrastructure works for irrigation and drainage, exploitation of wood resources from natural forests and the big extensions dedicated to forest plantations and cattle raising have significantly reduced, transformed and broken into fragments original habitats.

It can be differed, fundamentally, two types of habitats: the open habitats (savannahs) and the closed habitats (forest).

In the open habitats (in the past 75% of the Llanos surface, actually maybe between 80 and 90%), it is necessary to highlight the economic importance of the chiguire (*Hydrochaeris hydrochaeris*), and of the caiman (*Cayman crocodilus*). This last animal is raised in specialized farms and it represents a significant exportable resource. Birds, felines and amphibians have a scientific, ecological and tourist interest but a comparative lower economic interest.

The closed habitats of forests have achieved, in the evolutionary time, the capacity to house a spectacular diversity of species adapted to the immense variety of microhabitats present. Reading of this chapter allows to realize the diversity of mammals (from marsupials, rodents, bats, until primates), birds (macaws and parrots and the toucan are well-known bird examples), snakes (diversified herpetofauna), amphibious and species from other groups that the reader will want to know.

As any fundamental research, firstly directed to build knowledge without a defined purpose, it is not sought to assign a predetermined paper to this work, neither in future researches nor in territorial classification and planning. But there is not doubt that the future will demonstrate utility of such compilations.

## **SECOND PART: CLIMATE AND SOILS**

The second part of the book is dedicated to the description of the current conditions of the Llanos climate and soils, including the description of the main processes of soil degradation. The extreme temporal and spatial variability of precipitations to micro-local scale, inside a relative regional and sub-regional uniformity of the climatic conditions, don't justify a detailed description that could be, quickly obsolete for effect of current climatic changes. Geographical distribution of soils is illustrated by a computerized original map that contains soil units in extent geomorphology units, under a format that allows varying its scale according to the reader's necessities. Without doubts, this work goes to be good during a lot of time as base for future cartography works with multiple purposes. Regrettably, soil degradation accompanies agricultural development, degradation processes have been described in a punctual way in multiple places of the Llanos without having been, still, mapped their extension. In that reason, the corresponding chapter is devoted more to describe the degradation processes observed in the Llanos lands that to propose specific strategies for improvement and/or conservation.

### **Chapter 4. Climatic features of the Venezuelan Llanos (Pablo Marvez, UNELLEZ)**

Venezuelan Llanos is characterized by having two seasons: a dry one from December to March and a rainy one from May to October. These two seasons are separated by transitions where the erratic, and often heavy precipitations, constitute the most important factor of climatic risk for the annual crop cultivations. Inside this general frame, it is indispensable to differentiate climatic sub-regions related to precipitation and humidity gradient that goes growing from east to west of the Llanos. A map of the four climatic sub-regions illustrates the extension of these differences and can be superimposed to the soil map presented in the following chapter. Two crop cycles a year are possible to the west, while irrigation becomes indispensable in central and eastern Llanos. After these general positions, the rest of the chapter mentions the consequences of interactions among the gradient of precipitations with the soil characteristics. Current consequences of climatic changes that happened in previous periods during which current landscapes were modelled are described. A prospective

vision of possible consequences of current climatic changes on Venezuelan Llanos is also intended in this chapter.

### **Chapter 5. Geomorphology and soils of the Venezuelan Llanos (Richard Schargel, UNELLEZ)**

One could say that this chapter constitutes the central axis of the book. The soil map that is presented will have a fundamental role in future researches as in development planning of the Llanos. To avoid the inconveniences of too detailed and imprecise documents, like sometimes happens with soil maps, the author proposes an appropriated scale (1/4.000.000) according to the area covered by the Llanos and adaptable to each reader's specific necessities, thanks to scale changes allowed by computerization and use of enough topographical references (cities and rivers). Inside this general mark, existent or future detailed studies could be inserted. The first part of the chapter is dedicated to regional geologic history and description of actual landscape units. The rest of the chapter consists on a detailed revision of soils and their actual or potential use.

Soil types, contained in geomorphology units, are presented in a map including a detailed legend. Consultation of this chapter leans on the map legend that corresponds to 39 groupings of soil units (according to definitions of Soil Survey Staff, 1999). The geomorphological units correspond to the nine types of defined landscapes. Thanks to the precision of these ranked definitions, the user will be able to locate and interpret landscape. Also, staff members of territorial planning will have an approximate mapping of soil resources of each area of the map; photo-interpretation and/or some field work will enable them to give the precision required for each application quickly. The exemplary character of this chapter should be underlined here since few regions of the world have a descriptive tool that synthesizes so much scientific information in a single document of variable scale.

### **Chapter 6. Soil degradation in the Venezuelan Llanos (Roberto López, Fernando Delgado, CIDIAT, ULA)**

The intention of the authors of this chapter is to let the reader know the alarming situation of an unknown but growing proportion of the Llanos soils.

This situation results of erroneous politics and inadequate practices, mainly dedicated to improve the production but never taking into account the sustainability of production systems. First of all, the authors define the main degradation processes that are affecting the Llanos soils (eolic and water erosion, compaction, sealing, water logging, nutrient exhaustion, acidification, contamination, “salinization” and biological degradation), pointing out the regions where such processes have been observed on time. Insofar as possible, it is pointed out some of the studies carried out in this regions and the interventions that could be proposed to remedy the verified deterioration.

In this sense, it is standed out that the only cause of appearance and manifestation of such processes can't be only the way farmers have managed their soils during these years. With same or higher degree of responsibility one could point out, on one hand, the agricultural politics designed by Venezuelan State. These politics were implemented related to credit grant, subsidies, inputs and agricultural products prices, import politics and export incentives. They lacked of concrete programs directed to disclose and foment alternatives for production diversification, and of practical methods and procedures guided to the use of these lands with sustainability approaches.

Due to lack of cartographic information, one cannot specify the extension of the degradation phenomena. To proceed in that sense, it would be necessary a specific mapping, which requires field observations and appropriate photo-interpretations. Quantitative, well established information, would help to induce the desirable changes in the Llanos agriculture management, which has been more directed to immediate production than to conservation of soil patrimony for the future generations.

### **THIRD PART. AGRICULTURE AND SOIL FERTILIZATION.**

The third part of the book focuses diverse technical aspects of agricultural use of the Llanos lands. This agricultural use of soils registers first in the water cycle, which conditions the biogeochemical cycles of main elements dealing with the soil-plant systems. Knowledge of the main characteristics of these cycles, allows to diagnose the restrictive factors of vegetable production and to remedy, appropriately, its eventual deficiencies. These basic considerations allow the evaluation of politics of distribution and use of fertilizers for agricultural production in the Venezuelan Llanos. Such politics evolved with time, fact that is reflected in the effects on the production systems. A good example of these evolutions is the rice production system, with a promising future for the Llanos lands. This last part of the book concludes with two chapters. One dedicated to the evocation of social communication techniques that it is necessary to dominate to be able to influence on the production process and soil management. The other one is dedicated to explore an approach way between technological offer and demand in the Venezuelan agricultural world. Then, the tentative culminates giving a global and complex vision, of the Llanos agriculture which is indispensable to know in order to create more appropriate agro-systems allowing to future generations of Venezuelan people the possibility to assume the challenge of organizing its alimentary production and its economy without depending, exclusively, on the oil rent.

#### **Chapter 7. Nutrient cycles in the cultivated soils (Jean-Marie Hétier, IRD).**

Before commenting interventions as a matter of soil management, it was considered indispensable to renovate a series of basic concepts about the traditional notions of wealth or poverty of soils. First, it is defined soil fertility with base in its maximum productivity for a given crop cultivation. This fertility depends on many physical, chemical and biological factors and not only on the presence or absence of one or another essential plant nutrient. Fertilization corresponds to a group of operations dedicated to settle down or to re-establish its fertility taking into account all of the complexity of soil-plant system. In this respect, at the moment, it is evident for many soil scientists that static vision of nutrient reserve bears to mistaken fertilization recommendations that explain, in big deal, soil and environment deterioration.

After having redefined concepts of fertility and fertilization, the main characteristics of the water cycle are described. Indeed, on this cycle depends soil life and all of the other cycles, beginning with those of organic matter, carbon and nitrogen. The description of this last essential nutrient cycle, gives the opportunity to emphasize the necessity to differentiate the gross flows from its net results, to be able to take advantage of the contributions of modelling in the management of nitrogen fertilizers.

The exam of cycles of sulphur and phosphorus allows to locate, in their biogeochemical context, two very well-known phenomena in the Llanos soils: acidification due to sulphur oxidation and phosphorus immobilization by iron and aluminium hydroxides. The other nutrient cycles ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) are relatively simpler, but their knowledge is indispensable to understand the reach of traditional recommendations of fertilization and liming. In the same way, it is necessary to know the cycles of iron, of aluminium and manganese, since they condition, indirectly and with very important negative effects, plant growth. A simple evocation of micronutrient cycles is convenient to underline the importance of interactions between nutrients and toxic elements, those that should never be considered separately.

It is evidenced, in conclusion, coherence between the two types of systemic analysis. That of the cycles is adequate to follow the flows of elements in a qualitative way. The other one is good to simulate their cycles quantitatively in models that privilege a dynamic vision of exchange phenomena between soil and plant. The use of modelling will always give more certainty in the organization of agronomic experiments, in the forecasts of interactions among nutrients and toxic elements and, consequently, in the forecast of agricultural results.

## **Chapter 8. Restrictive factors of soil fertility in the Venezuelan Llanos (Jean Marie Hétier, IRD).**

The organization of Chapter 8 obey the same logic that the previous one. The restrictive factors of soil fertility are considered in all their complexity, including the dynamics of each element in a physico-chemical context and their interactions with the other constituents, without limiting to focus the only main essential plant nutrients. The nutrient balances continue being a necessary but not enough condition to organize fertilization interventions. These interventions should be based rather on the possibility of guiding and increasing, if necessary,

the nutrients flows of soil-plant system to assure a good crop development without deteriorating the system.

The diagnosis of restrictive factors for a given crop cultivation in a given place should, in consequence, lean on a global exam of the agriculture-ecosystem including: physical properties, radical profile and biological state of soil. On this base, and taking into account the characteristics of the cycles described, applications of nitrogen, phosphorus, potassium fertilizers and liming can be organized with a double certainty: the one of obtaining the wanted result and the other of being able to detect defects quickly if the intervention fails.

The revision of the main fertilization problems of the Llanos soils is carried out starting from a selection of national literature, and, at the same time, recapitulating the main problems and proposing research alternatives to achieve satisfactory solutions not only for productivity and immediate profitability of cultivations but also for the respect of ecological equilibrium. The main detection methods of restrictive factors are remembered before enumerating the main intervention types: farm methods, biological activation and, of course, addition of nutrients. Nitrogen, phosphorus and potassium additions have been object of countless publications, starting from experiments carried out in the Llanos soils. The works selected in this chapter point to illustrate how current knowledge could be completed to relocate it in the logic of the biogeochemical cycles described in the previous chapter. The same happens, concerning lime applications, which causes interactions that are not always taken into account by the producers. Finally, it is emphasized the paper of organic fertilization to overcome micronutrient limitations and toxicity problems. The chapter ends with a paragraph especially dedicated to exam the main interactions.

It is recommended, in conclusion, to direct future research in two essential directions: the development of multidisciplinary studies including the role of root systems and soil biomass, and the multiplication of multi-annual experiments. Some few multi-annual experiments will always contribute with more valuable and modelling-capable information instead of multiple, dispersed and incomplete experiments carried out under uncontrolled conditions.

**Chapter 9. Politics of distribution and use of fertilizers for agricultural production in the Venezuelan Llanos: past and present (Eduardo Casanova, UCV-PALMAVEN).**

First, the author remembers fundamental data of today's Venezuelan agriculture (results of the year 2001). Of the 7,3 million cultivated hectares, 5 millions are dedicated to production of cultivated grasses, 0,5 millions to pines, eucalyptus and teaks plantations and another 0,5 million to fruit-trees. For the year 2001, only remain about 1 million hectares dedicated to annual crop cultivations, distributed as follows: 0,52 million hectares were destined to corn, 0,27 millions to sorghum and only 0,13 million hectares to rice and the rest was dedicated to vegetables and other diverse crop cultivations.

Confronting the necessity of satisfying national market needs, the diverse successive governments tried, since the years 1950, implementing several politics to stimulate agricultural production. First, was organized industrial production of fertilizers heart, in turn, increasing national consumption of fertilizers and diminishing, proportionally, the imports. Several subsidy politics were implemented but after having verified, in the case of corn, that production and productivity increase doesn't vary in direct relation to fertilizer consumption, subsidies were eliminated at the end of XX century. However, it could be demonstrated that rational use of fertilizers in grass facilitates the process of land recovery, making it profitable.

In the perspective of a sustainable agriculture that combines present productivity with conservation of the production system for the future, it appears necessary to change of perspective. It is indispensable now to consider the production system as a whole and to stop adding and subtracting nutrients in an arbitrary way without taking in consideration immobilization-remobilization conditions of each one of them in each soil-plant system.

**Chapter 10. The agricultural politics of fertilization and their evolution (Baudilio Mendoza, UNELLEZ).**

The author recaptures the history of Venezuelan agriculture development, but with the purpose of analyzing the underlying rationalization processes to this historical evolution lived by his actors as a modality of a general process of modernization that affected the whole world after Second World War. The initial characteristic of the intervention state was of purely credit nature. This



intervention type changed when the process of national industrialization was developed. Such process impelled a fast rural exodus that made democratic government to guide its politics to support the incipient agricultural development. The state intervention was then more technical and diversified, passing from a blind subsidy to a development of technical attendance that finally falls in the private sector hands again.

Once remembered this historical evolution, the author tries to analyze current situation in technological offer and demand terms and to make stand out confrontation of a different logic according to the State point of view and the diverse visions that can share several types of agricultural producers. Among these logics, it is difficult to locate clearly the role of the union organizations and research institutions that, many times, act as mediators between technological offer and demand.

The originality of the analysis proposed by the author, consists on discriminating the macro-perspective that approximately corresponds to institutionally, from the micro-perspective that allows to analyze the influence of psycho-social factors and, in particular, the influence of the technical agent behaviour that is the instrument of the mediator function. To be able to analyze this function, the author proposes to differentiate agricultural extension (with interaction between the technician and the producer) from technical attendance (where the producer has to be a passive receiver of unquestionable information that comes from science). Taking as example the historical evolution of transfer of knowledge about fertilizers, the author underlines the incoherent character of the process and finishes with a pessimistic conclusion since one is not seeing premises of an effort of conceptual renovation of the agricultural technology sector at the present time.

## **Chapter 11. The rice production system in the Venezuelan Western Llanos (Luis Alvarez, UNELLEZ).**

This chapter has a double interest: on one hand, informing the reader about the current situation of rice cultivation in the Venezuelan western Llanos and on the other, to offer a model for future similar experiences of modelling that should be carried out for other crop cultivations. The author associates his description of soil and technical conditions of rice cultivation with that of the degradation processes induced by inadequate use of soil tillage techniques and those of an excessive fertilization. These descriptions are made in the perspective of

forming the scientific and technical staff in view to avoid degradation of rice soils whose recovery will be very expensive for the future generations. As an example of the production system rationalization, he mentions the main results of a twenty year-research that regards system optimization based on the deductive method. This method consists on elaborating hypothesis materialized in parameters and variables of a simulation model and, then, organizing experiments dedicated to validate it *in situ*. The advantage of this method consists on saving time and money to acquire indispensable scientific and technical knowledge for the organization of profitable crop cultivations respectful of the production system equilibrium. The author of this chapter demonstrates it, for the fact of having been able to produce, during these twenty years with few human and financial resources, articulate knowledge (associating plant, soil and fertilization) on rice production in the Western Llanos. As a practical recommendation it can be mentioned, mainly, fractioning of fertilization and elaboration of crop rotation plans as a principal practice to avoid soil degradation. This exemplary work can, now, serve as base to elaborate action plans for other crops cultivated in the Venezuelan Llanos. It largely corresponds to UNELLEZ to organize and carry out this task, in the extent that the institution has the will of adopting this orientation and get the adequate human and financial resources.

## **Chapter 12. Social representations and technological transfer in the agricultural sector (Lucy Alvarez - Hétier, LUZ-CE).**

The process of technological transfer puts in contact different logics that come from scientific knowledge and common knowledge. This knowledge is impregnated of social representations, which hinder or facilitate the communication relationship between technological agents and agricultural producers, as well as change of practices in the appropriate use of fertilizers. Starting from this verification, it was carried out a theoretical study of factors that condition efficiency of State intervention as regards agricultural productivity and soil management. The conceptual confusion and the lack of awareness on the necessity of knowing the representations made by diverse actors of the agricultural world have blocked the diverse intervention intents. As a tentative of establishing new bases to improve efficiency of these interventions in the future, was carried out a study dedicated to detect the representations used by the diverse categories of producers and technical agents

on two items of representation of fundamental importance: fertility and fertilization of soils.

This study took the form of an analysis of content of the written discourse emitted by one of the main institutional actors of the sector: PALMAVEN (32 pamphlets of diverse types) and of the oral discourse of 43 actors selected inside three categories of producers (small, medium and big) and two categories of inspectors (technicians and engineers).

The results are framed, first, in the differentiation among the three visions of the nature that conditioned, successively, the State interventions in the agricultural world. The first one considers the nature as an almost limitless resource, vision that allowed the promotion, through the MAC, of the mechanization without control of a modern agriculture. The second vision defends the nature threatened by an aggressive agriculture, vision materialized by the creation of the MARN. The third is the current vision of the nature as an interactive group of harmonized ecosystems that it induces to an agricultural-ecological management of natural and social environment.

These three visions intermingle in the representations of fertility and fertilization just as they appear through the content analysis of the written and oral discourses examined.

These discourses are characterized, mainly, for multidimensionality of the evocations of economic, cultural, political, sociological plans that cross by means of intersections defining technical and common knowledge, as well as practical, ecological and institutional matters. The other outstanding characteristic is the diversity in the argumentative ways that can structure the discourses in categorical-normative or hypothetical-deductive judgement or in concomitance, necessity, comparison, reformulation relationships, or simple matter of facts.

One of the present obstacles in the interventions carried out by the State or private institutions comes from the difficulty of differentiating concepts of fertility and fertilization, even in the written discourse of the inspectors. This difficulty is reflected in the likeness of the oral speech of the diverse types of social actors who deal with the agricultural productive process where the concept of fertility is more confused than that of fertilization.

The written discourse highlights its normative and tax character more than the concern of creating an interlocution space with the agricultural producers, rather considered, as passive receivers. The recurrence of this discourse type to the causality principle often constitutes a fundamental difference with the oral

discourse of all of the actors who use other argumentative forms with the purpose of convincing but not demonstrating.

It is expected that the study of these results could be used as an example for future researches and help to modify, efficiently, the State and private intervention forms and to be able, this way, to create a true interlocution space that makes possible the diffusion of agricultural technology and embrace as a whole the Llanos agricultural community.

### **Chapter 13. The technological demand of the agricultural sector, Western Llanos, Portuguese State, Venezuela (Eduardo Casanova, Juan Comerma, UCV-PALMAVEN)**

A detailed and representative study of the technological demand of the 300.000 Venezuelan agricultural producers is outside of the reach of institutions dedicated to the tasks of agricultural technology diffusion. None has the resources and time of a systematic survey carried out in representative samples. For it, the authors lean on an indirect survey where the information, given by 13 technical agents of PALMAVEN-Portuguese, was organized and ranked through a questionnaire elaborated with the purpose of synthesizing information corresponding to the technological demand of, approximately, 4% of those agricultural producers of the State of Portuguesa.

The results of this survey constitute, also, a tentative example, on behalf of a State institution of intervention, of guiding future technological offer in a more effective way. In this process, the technical agent plays a mediator crucial role giving and pondering information through answers to a questionnaire elaborated according to the norms from the institution to which he/she belongs. In spite of the process of verification of the information obtained by confrontation with specialists of other institutions, it is not considered this tentative as a scientifically proven method, but as a model that should be perfected in other contexts. In the same way that circulating discourse on a given topic can be captured through a limited number of interviews qualitatively well carried out, it can be considered that results reflect the restlessness of many producers during the rainy seasons of 1997 and 1998 when questionnaires were filled.

The prosecution of the collected information allows to differentiate the ranked factors in primary, secondary and tertiary factors conditioning or limiting the

production of corn, rice and artificial shepherding in this area of the western Llanos.

Related to corn, it is interesting to know that the first concern of agricultural producers is that they hardly ever get on time the fertilizer that they request, and they should fertilize with what they find, not being able, this way, to fulfil elementary recommendations for dose and dates. The same happens with certified seeds, given with little guarantee of quality and uniformity. In the case of rice, the first concern is seed quality found in the market: seeds that don't have the desirable quality and phyto-sanitary state. The results reflect, also, the difficulties on irrigation organization and, principally, the uncertainty of the economic profitability that depends, in the first place, on the prices imposed by commercial entities. In the case of rice, one can compare these results with the data presented in Chapter 11 that underline the often negative profitability, of this crop cultivation and the inability of most of the producers of assuring the sustainability of their production systems. On these two points, the survey doesn't contribute with information for rice neither for pasture.

However, this tentative survey has the advantage of giving, quickly, abundant information that would, probably, be easily completed and consolidated in the future. At the moment of the study, it reflected very well the respective position of the State institution and that of the technical agent between the world of production and distribution.

## **CONCLUSIONS**

Finishing this presentation, we believe important to remember first of all that the advance of the Venezuelan Llanos agricultural frontier has been globally fast during the last fifty years due to characteristic relief, climate, and vegetation of the savannah. The Llanos represent the third part of the national territory but include 70% of its agricultural best lands (Mogollón, 1977) which only reach to two million hectares, that is to say 2% of the national territory. Most of these good lands are already occupied. Therefore, it is evident that the future of the Venezuelan agriculture goes first by an improvement of the productivity of these high class lands, but also by an improvement of lands of medium category and lastly, for the search of plants adapted to poor soil conditions.

The present book seeks to contribute to the execution of these three objectives through its conclusions, recommendations and orientations.

As we have seen it, the inventories of Part I sometimes need to be completed or consolidated since they will always provide indispensable bases for future researches, even if they were carried out with different purposes. It is still necessary an inventory of water and mineral resources, for example.

The description of natural resources will always need to be upgraded with a close relationship to the evolutions of the environment and the permanent reconstruction of concepts and techniques building these descriptions. The acceleration of the climatic changes and forecast of its consequences probably will cause the prompt revision of climatic data. Geomorphology evolves very slowly to human time scale but soil taxonomy definitions can evolve quickly and even faster can evolve the analytic parameters that sustain them. Also, one can expect quick progresses as regards the use of teledetection techniques in cartography. We have seen that a cartographic inventory of the indexes of contamination and degradation of soils and waters is so necessary to take the appropriate cautions before arriving to irreversible situations such as those caused by the abuse in the use of the natural resources in other continents.

The last part of the book is the one that naturally contemplates more conclusions, recommendations and specific orientations. We insist here about the necessity of completing the classic nutrient balances for a detailed knowledge of biogeochemical cycles of the general cycles of each constituent of the soil-plant system and their mutual and multiple interactions. Such balances are indispensable for economists to analyse their consequences in the alimentary production independence politics, and also for farmers to watch over the future of national soils (Hébert, 1984). More than ten years ago, already, it had been calculated that, globally, Latin America loses 1000 kilo-tons of nitrogen annually, 140 kt of phosphorus and 350 kt of potassium for concept of food export (approximately half of North American losses for the same concept) while Europe accumulates similar quantities (Cooke, 1986).

But durability of soils as essential component of agro systems cannot be ensured only in terms of national, regional or local balance but also for considerations of qualitative type. Soils, as an alive system, should be capable of avoid the wasting of fertilizers added, valorise them in the immediate term and accumulate them for the future. As an alive system, 1kg of soil contains, at least, from one to ten thousand micro organisms. So, it should be described as a system whose life is translated by matter and energy flows that cross through it permanently. This systemic vision of the soil is adequately represented by

biogeochemical cycles that relate its constituent elements. This differs from the traditional static vision of drawers full with available elements. To achieve some significant changes in the representation of the soil that guides the chores of each one of the actors of the Llanos agriculture, an immense pedagogic task should be carried out based on the results of national and local research pointing to know intimately the biology of these soils and the particularities of the biogeochemical cycles of each one of their constituents with their multiple interactions. This task requires the multiplication of very well equipped laboratories, directed for scientific personnel, institutionally stable and aware of their individual and collective responsibilities.

The era of the “mining agriculture” in expansion in a limitless space as represented by the traditional shifting cultivation ended. Happened the time of farmers responsible for the good state of their fields and wells; the farmer that work for himself and his family but also for his descendant. Independent of the oil reserves, the future of the immense resource that represent the Venezuelan Llanos should get ready now, and it will have to be a group of diversified agro systems respectful of local ecology and producing foods and fibres of all type for Venezuela and the world. To regional scale, the responsibility of agricultural producers will be to improve its production, and that of the State will be to assure that this production not only contributes to conserve but to improve the soil quality and the necessary water resources for the future generations. To achieve these goals, it will be necessary take conscience of realities that all people have tendency to forget due to the heavy daily difficulties. Beyond its current commitments, Venezuelan State could be motivated to assume its responsibilities toward the future generations in several ways.

We have evoked invigoration of national and local researches guided toward soil biology but it should be it accompanied by a series of technical and social measures. Among so many ideas that were proposed, we have chosen one that deserves to be proven. Why not to reward the effort carried out by the agricultural producer to leave soils improved when finishing his/her productive activity by a retirement system proportional to the quality of lands that he/she will leave their successors when finishing his/her activities?

The consideration of soil as a “non renewable” resource that deserves to benefit from investments that represent amendments and fertilizers doesn't seem to have been sufficiently taken into account by the law of agricultural development and alimentary security in Venezuela. The detailed analysis of this

law and of their historical antecedents (Borgucci *et al.*, 1999) reveals the contradiction between the commitments of liberalization of the agricultural sector subscribed by Venezuela before the World Organization of Trade (OMC) and the desire of Venezuelan State to continue intervening on the bank credits to the agricultural producers and prices to consumer by means of the imports. Among the terms of this merely economic and short-term contradiction, it seems that the concern of alimentary security has not still caused the elaboration of a national politic of rational soil management. However, one can expect that the coordinated pressure of the scientists, producers and consumers achieves that an adequate management of the Llanos soils began directed to its conservation and improvement and that future generations escape to the consequences of the short term economic logic: that of the OMC.

These changes should be based on the elaboration of autochthonous technological packages that, at the same time, point to the necessary increase on productivity and conservation or improvement of soils. It corresponds to Venezuelan scientists to substitute foreign technological packages whose blind application caused so many damages, for recommendations according to the interests of the producers and the whole population.

In the coming years, an expansion of the annual crop cultivations could take place in the Llanos lands taking advantage, on one hand, the places where the edaphic-climatic conditions are less unfavourable and, on the other, for an expansion still wider of pastures, those that can occupy bad soils. There are agro-economic studies that demonstrate the capacity of the Venezuelan agriculture to contribute, to the alimentary and dress necessities of the own country but also to supply food exports toward the north (Trujillo, 1995). One can even hope, the coming development contributes, progressively, to substitute petroleum exports, fulfilling this way the famous and never materialized motto that says "to sow the petroleum."

Hopefully the present book will contribute to motivate the reflection of all of the actors of the Llanos agriculture and help to build the future of these lands of good hope.



## BIBLIOGRAPHY

- Abbadie L., Lepage M., et al. (1996). "Paradoxes d'une savane africaine: comment des sols apparemment pauvres entretiennent une végétation abondante." *La Recherche Mai* **96**: 36-38.
- Avilán-Rovira J., Eder. H. M. (1986). *Sistemas y Regiones Agrícolas de Venezuela*. Caracas, Fundación Polar.
- Cooke G.W. (1986). *Nutrient Balances and the Need for Potassium In Humid Tropical Regions. Nutrient Balance and the Need for Potassium*, Reims France, IPI P.box 121 CH 3048 Worblaufen-Bern.
- Espinoza F., Manrique. A. (1996). "Perspectivas de los sistemas agroforestales y silvopastoriles en Venezuela." *Fonaiap Divulga* **54**: 32-33.
- Hébert J. (1984). *Levels of Fertilizer Input and Soil Nutrient Status in European Agriculture. Nutrient Balance and Fertilizer Needs in Temperate Agriculture, Gardone-Riviera Italy, Der Bund Bern Switzerland*. 249-273
- Huntley B.J., Walker. B. M., Ed. (1982). *Ecological Studies of Tropical Savannas*. Berlin, Springer Verlag.
- Mogollón L.F. (1977). *El potencial agropecuario de las tierras de los llanos venezolanos*. Caracas, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables: 2-10.
- Nicholaides J.J., Bandy D.E., et al. (1983). "Continuous cropping potential in the upper Amazon basin." *Ecology and Development Potential*: p. 337-365.
- Pouyllau M. (1992). *Le Venezuela*. Paris, Karthala 217 p..
- Sarmiento G. (1980). *Los ecosistemas y la ecosfera*. Editorial Blume S.A. Milanesat 21-23 08017 Barcelona Barcelona 268 p.
- Sarmiento G. (1984). *The ecology of tropical savannas*. London England, Harvard University Press Cambridge Massachussets Trad. O.Solbrig 235p..
- Silva F., Rodriguez. O. (1973). "Respuesta de la Soya (*Glycine max* (L.) Merr.) a la aplicacion de N, P,y K en un suelo de la serie Sabaneta (Oxic Plinthustult) del Estado Monagas." *Oriente Agropecuario* **5**(1 y 2): 37-46.
- Tamayo F (1964). *Ensayo de Clasificación de Sabanas de Venezuela*. Imprenta Universitaria de Caracas. Caracas, Venezuela 63p.

Trujillo L. (1995). Evolución de las exportaciones agrícolas: su impacto sobre el desarrollo económico nacional. Maracay, *Rev.Fac.Agron.* Serie Alcance 48 187p.



## COLABORADORES

**Lucy Alvarez de Hétier.** Universidad del Zulia (LUZ), Maracaibo, Venezuela.

**Luis E. Alvarez Larrauri.** Programa de Recursos Naturales Renovables, Universidad Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), Guanare, Estado Portuguesa, Venezuela.

**Gerardo A. Aymard C.** Herbario Universitario (PORT), Programa de Recursos Naturales Renovables, Universidad Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), Guanare, Estado Portuguesa, Venezuela.

**Eduardo Casanova Olivo.** Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (UCV), PALMAVEN – PDVSA, Maracay, Estado Aragua.

**Juan A. Comerma.** Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (UCV), PALMAVEN – PDVSA, Maracay, Estado Aragua.

**Fernando A. Delgado Espinoza.** Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela.

**Jean Marie Hétier.** IRD, Francia.

**Roberto Hidalgo Ochoa.** Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN), Caracas, Venezuela.

**Roberto A. López Falcón.** Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela.

**Pablo Marvez.** Programa de Recursos Naturales Renovables, Universidad Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), Guanare, Estado Portuguesa, Venezuela.

**Baudilio Mendoza Sánchez.** Universidad Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), Barinas, Estado Barinas Venezuela.

**Richard Schargel.** Programa de Recursos Naturales Renovables, Universidad Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), Guanare, Estado Portuguesa, Venezuela.

**Antonio Utrera.** Programa de Recursos Naturales Renovables, Universidad Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), Guanare, Estado Portuguesa, Venezuela.

## LISTA DE SIGLAS

- ABRAES:** Áreas Bajo Régimen de Administración Especial
- CIDIAT:** Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial
- COPLANARH:** Comisión del Plan Nacional del Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos
- CORDIPLAN:** Oficina Central de Coordinación y Planificación
- FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FONAIAP:** Fondo Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (actualmente INIA)
- FUDENA:** Fundación para la defensa de la Naturaleza
- INIA:** Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (antes FONAIAP)
- IRD:** Institut de Recherche pour le Développement
- IRRI:** International Rice Research Institute
- LUZ:** Universidad del Zulia
- MAC:** Ministerio de Agricultura y Cría
- MARN:** Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales
- MOP:** Ministerio de Obras Públicas
- PDVSA:** Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima
- PINT:** Plan de Inventario Nacional de Tierras
- PNUMA:** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
- PROCIANDINO:** Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria para la Región Andina
- PROFAUNA:** Sociedad Zoológica de New York
- UCV:** Universidad Central de Venezuela
- ULA:** Universidad de Los Andes
- UNELLEZ:** Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora
- UNESCO:** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura



# **Primera Parte**





---

## **EVOLUCIÓN DEL POBLAMIENTO EN LOS LLANOS VENEZOLANOS: PERÍODOS DEL DESCUBRIMIENTO, CONQUISTA Y COLONIZACIÓN**

*Roberto Hidalgo*

### **INTRODUCCIÓN**

Como consecuencia natural del descubrimiento del territorio que pasaría a ser identificado como Venezuela, se estableció a continuación una etapa de descubrimientos menores, tanto en las áreas inicialmente descubiertas como en las contiguas. Dadas las diversas condiciones imperantes de orden cultural, económicas, tecnológicas y geográficas, tanto del europeo como del aborigen de las tierras nuevas, dicho proceso fue muy paulatino y circunscrito, en sus comienzos, a espacios relativamente cercanos o inmediatos.

Entre las condiciones geográficas a las que debieron hacer frente los conquistadores y colonizadores españoles, una determinante la constituyó la disposición de las grandes estructuras o paisajes naturales. En efecto, dado que los europeos llegaron por el único medio de transporte masivo de esa época, el marítimo, su arribo fue por las costas, caracterizadas mayormente por su fuerte relieve o por la presencia de playas en planicies marinas, rodeadas por elevadas cadenas montañosas. Esto determinó el desconocimiento de la inmensa extensión de relieves de distintos tipos situados más allá de los inicialmente avistados, situación esta que duró un período de tiempo significativo, de aproximadamente unos 33 a 79 años, según se consideren, respectivamente, los primeros viajes a la región o la primera fundación oficial de una ciudad en la región de los Llanos (Barinas).

Se presenta, a continuación, la descripción resumida de lo que fue ese proceso, para enfocar luego el objetivo particular de interés, representado por el poblamiento en los Llanos venezolanos, ya que para comprender lo sucedido en esa región es necesario conocer cómo y por qué fue el proceso de conquista y colonización en el país. Desde el punto de vista bibliográfico, es posible encontrar disparidades en algunas fechas y nombres geográficos, lo cual es entendible por tratarse de hechos en donde existe una muy abundante documentación de distintos autores y épocas, tanto originales como múltiples interpretaciones posteriores. Por otra parte, el hecho que el proceso fue desarrollado, casi simultáneamente, en cuatro frentes (occidente, oriente, centro y sur) dificulta la narración ordenada de los acontecimientos.

## **EL PROCESO DE DESCUBRIMIENTO**

Este proceso será dividido en tres etapas fundamentales. La primera de ellas es el descubrimiento propiamente dicho por Cristóbal Colón en agosto del año de 1498. Como es conocido, su tercer viaje tuvo como resultado el arribo a las costas orientales del territorio: isla de Trinidad, Golfo de Paria, reconocimiento de las aguas de un gran río que desembocaba en el océano, islas de Margarita, Coche y Cubagua.

La segunda etapa corresponde a viajes de comprobación de las noticias derivadas del hecho antes descrito. En ésta, el protagonismo corresponde a Alonso de Ojeda, compañero de Colón en su segundo viaje, quien organizó dos expediciones para recorrer las costas ya descubiertas así como las restantes. En el primer viaje, entre mayo y septiembre de 1499, recorre las bocas del Orinoco, el Golfo de Paria, el Lago de Coquivacoa, posteriormente de Maracaibo y el Golfo de Venezuela, así mismo la isla de Curazao. De acuerdo a los historiadores, es con este viaje que se presenta la denominación actual de la zona: Venezuela (“Venezuela” en la toponimia del mapamundi elaborado por el cartógrafo Juan de la Cosa,), acompañante de la expedición derivado de pequeña Venecia, por las características de las viviendas lacustres que observaron los navegantes, siendo Américo Vespucci, también acompañante, el que formuló la semejanza y el vocablo, según los historiadores. Por otra parte, ese primer viaje tuvo el mérito de permitir apreciar, por vez primera, el contorno de la masa continental. En el segundo viaje, en 1502, se repitió la ruta anterior pero con la particularidad de que presentó un carácter colonizador, al

fundarse un pueblo en la costa norte de La Guajira, que tuvo una corta duración.

La tercera y última etapa corresponden a viajes costeros menores, siendo los descubridores y fechas las siguientes: Vicente Yáñez Pinzón en 1499, quien fue el primero en penetrar al río Orinoco hasta el sitio de Cabruta y de allí hasta los raudales de Atures; Diego de Lepe en 1500, Cristóbal Guerra en 1501, y Rodrigo de Bastidas en 1502. Con estos viajes se finaliza el recorrido completo de las costas, estableciéndose su total descripción y ubicación, proceso éste que duró 10 años desde el arribo de Colón.

De acuerdo a lo descrito, el descubrimiento del territorio estuvo localizado sobre ambientes muy específicos: en primer lugar, el litoral y las islas, seguido de las bocas del río Orinoco. Las motivaciones fundamentales de los mismos estuvieron determinadas por la naturaleza propia de los navegantes: descubrimiento de nuevas tierras, pero también por causas económicas: recolección de perlas y esclavitud de indígenas que se requerían como fuerza de trabajo en Las Antillas, ya que los pobladores iniciales de la región habían sido diezmados. La búsqueda de oro tuvo también una causa importante para esos viajes.

### **PRIMER ACTO ADMINISTRATIVO DEL PAÍS. LA COMPAÑÍA WELSER**

Si bien en 1499 aparece el vocablo Venezuela, su comienzo como unidad administrativa es desde 1528 al crear el Emperador Carlos V la Provincia de Venezuela, es decir, treinta años luego del descubrimiento. Un año antes, en 1527, Juan de Ampies fundó la ciudad de Coro, determinante para el descubrimiento y colonización parcial del territorio, ya que debieron de transcurrir 18 años para la fundación de la siguiente ciudad, El Tocuyo.

El año 1528 coincide también con la asignación del territorio a banqueros alemanes (los Belzares) organizados en la compañía Welser, como pago de la Corona española por créditos e intereses por capitales adelantados hacía algunos años. Entre las principales obligaciones de esa compañía estaba la de pacificar el territorio, descubrir, conquistar y poblar las tierras situadas al este de la gobernación de Santa Marta, fundar dos poblaciones grandes, construir fortalezas y traer mineros.

La actuación de los banqueros alemanes duró 18 años, entre 1528 y 1546. Desde el punto de vista de los descubrimientos y expediciones que realizaron, hay que destacar las siguientes: Ambrosio Ehinger, llamado Alfínger en estas tierras, llegó a Coro en 1529 y realizó su primera expedición hacia el Lago de Coquivacoa y Sierra de Perijá. De regreso a Coro, se encontró con otro Welser de nombre Nicolás Federman y en 1531 organizaron dos expediciones, la primera al oeste y la segunda al sur, a través de los ríos Tocuyo y Cojedes, cercanías de Turén y luego El Baúl, alcanzándose el río Meta. Se consideró esa expedición como la primera en transitar territorios llaneros. En un segundo viaje de Federman, en 1531, se internó en los Llanos desde Barquisimeto; en un tercer viaje regresó al llano y avanzó hasta el río Apure.

En 1535 continúan nuevas expediciones con otros alemanes, debiéndose señalar a Jorge Spira y Felipe von Hutten, quienes marcharon hacia Los Andes y los Llanos, remontaron el río Apure y las cabeceras del río Meta, constituyendo el segundo viaje hacia esas tierras bajas del Meta.

En 1544 la Audiencia de Santo Domingo decidió abrir averiguaciones contra los Welser por acusaciones de los habitantes por violencia física y altos precios de los géneros importados. Esto determinó la condena al grupo y la obligación de devolver el territorio a los españoles, recayendo en la autoridad de Juan de Carvajal el traspaso. Entre los señalamientos o juicios que la posteridad formuló hacia ese grupo de alemanes figura el hecho de que no fundaron ningún pueblo y que su dominio constituyó un obstáculo a la colonización que, con éxito, había iniciado Ampies.

## **NUEVOS DESCUBRIMIENTOS Y EL PROCESO DE CONQUISTA**

Determinar con precisión cuándo finalizó el descubrimiento y cuándo comenzó la conquista no es tarea fácil, ya que existe una perfecta unión de propósitos en muchos viajes de descubrimientos que al mismo tiempo lo fueron de colonización.

Las fundaciones de Cubagua a inicios del siglo XVI y la de El Tocuyo a finales de 1545 por Carvajal, constituyen un ejemplo de lo antes dicho, ya que fue necesaria la presencia de este último enclave para continuar o iniciar el descubrimiento y la conquista tierras adentro, en particular del sector norte centro y también del occidente, pues se constituyó en el centro u origen de

todas las fundaciones venezolanas en la segunda mitad del siglo XVI. Sin embargo, es con la autorización de los repartimientos y encomiendas de los indios en Coro en 1534 que se inició la creación de pueblos siendo Coro la segunda ciudad fundada en tierra firme, luego de Cumaná, en 1527.

Con la excepción del viaje de Federman en 1531 y el de von Hutten en 1535, posiblemente ningún español realizó un viaje importante por los Llanos, debiendo transcurrir 46 y 60 años, para que se fundaran ciudades en dicha región: Barinas por Juan Andrés Varela, en 1577 y Guanare por Juan Fernández de León, en 1591, respectivamente. El resto de las ciudades fundadas lo fueron en la Cordillera Andina (Trujillo en 1557, Mérida en 1558, San Cristóbal en 1561), Cordillera de la Costa (Borburata en 1549, Valencia en 1555, Caracas en 1567, La Guaira en 1589), depresión de Barquisimeto y de Carora (ciudades homónimas en 1552 y 1572, respectivamente) y altiplanicie del lago de Maracaibo (ciudad fundada en 1569).

En 1546, el nuevo gobernador Pérez de Tolosa organizó una expedición a los Llanos hasta las orillas del río Apure, regresando a la serranía por el río Uribante.

El poblamiento europeo en el siglo XVI no tuvo mayor significación cuantitativa, ya que las ciudades eran simples caseríos con muy poca población. Al final del mismo ninguna sobrepasó los 2.000 habitantes. A pesar de esta situación, las poblaciones aparecen mencionadas en los documentos originales con muy diversas denominaciones según su composición; así, las de los españoles son rancherías, palenque, sitio, fondeadero, asiento, villas y ciudades; las de indios son aldeas de indios, encomiendas y misiones y las de origen espontáneo son pueblos mixtos, pueblos de españoles, capellanías y cumbe.

Del territorio ocupado por los Llanos, la parte occidental fue la inicialmente poblada, gracias a la fundación de El Tocuyo. Las tierras de los Llanos Centrales y Orientales lo fueron a posteriori, a pesar de dos hechos importantes, uno representado por un accidente natural como lo es la desembocadura del río Unare, cuya depresión permite un acceso relativamente fácil hacia el centro y el oriente del país, pues sus alturas son inferiores a los 200 m. Sin embargo, su innavegabilidad fue la causa de no haberse aprovechado esa abra para incursionar territorio adentro.

El otro hecho fue la búsqueda del mineral de oro en las tierras del sur, cuyo acceso se hizo por barco en las primeras etapas y no por tierra. Para ello hubo que esperar hasta el año de 1595 ó 1596, en que Antonio de Berríos, procedente de Bogotá, desciende por el Orinoco y funda la primera Santo Tomás de Guayana en el vértice del delta, debiéndose luego mudar al sitio de la actual San Félix en 1635. Los viajes de Ojeda y Yáñez Pinzón por las bocas del Orinoco y los de Diego de Ordaz en 1531 y de Alonso de Herrera en 1534, quienes lo remontaron y lo recorrieron hasta la desembocadura de los ríos Apure y Meta, respectivamente, no influyeron en el establecimiento de centros poblados.

Como se ha visto hasta ahora, primero el oriente y luego el occidente, fueron las áreas en ser conquistadas. Con relación al centro, su conquista fue pensada como medio de poner término al aislamiento entre las dos zonas antes nombradas, dificultándose y retardándose las acciones por la resistencia de los aborígenes, refugiados en la orografía central. Se le atribuye al mestizo Francisco Fajardo la promoción de la conquista central, con el objetivo de desarrollar la ganadería, blanco frecuente de los indígenas, quienes extendieron sus acciones hasta Barlovento y la costa de Los Caracas, con lo que primitivos asentamientos en las cercanías del río Unare fueron abandonados.

El proceso en el oriente, a diferencia del de occidente, fue efímero y poco eficaz, ya que las fundaciones precarias de sitios fueron despobladas, a causa de la resistencia indígena. En los primeros tiempos del período sólo figuraron Nueva Toledo (Cumaná), abandonada por los españoles, San Cristóbal de Cumanagoto y en 1545, un Píritu, de corta existencia.

En cuanto a Guayana, los obstáculos para el poblamiento estuvieron representados por el relieve, los raudales de los ríos, escasa fertilidad de las sabanas, densos y extensos bosques y el no descubrimiento del oro. A pesar de todo esto, desde España se insistía en proseguir los viajes expedicionarios y el poblamiento, quizás por el temor a perder parte o todo de ese territorio, ya que algunos de los enemigos (franceses y holandeses) que para ese momento tenía la Corona, habían entablado alianzas con los indios Caribe. Por ello, en 1560 el padre Ayala remontó el Orinoco hasta Atures sin mayores resultados para el asentamiento y en 1584 el viaje ya comentado de Berrío. Estos europeos siguieron insistiendo en penetrar Guayana en 1595, con Raleigh, y en 1637 piratas holandeses arruinaron Santo Tomás, visitándola tres veces más en 1640.

El acceso a los Llanos por el Centro fue impedido por los indígenas, los cuales dominaban el río Tuy. Un hecho fortuito permitió que las poblaciones autóctonas centrales fueran diezmadas, y fue que en 1580 un barco traficante de esclavos llegó y propagó una epidemia de viruela. Esto facilitó la fundación, en 1584, de San Juan de La Paz por Sebastián Díaz Alfaro, pero las inundaciones y la poca duración de una bulla aurífera determinaron el fracaso del sitio. El conquistador pasó luego la Serranía del Interior y fundó, junto al río Memo, la población de San Sebastián de Los Reyes en 1585, primera y verdadera puerta de acceso hacia los Llanos Centrales, ya que hacia los Occidentales la fundación de Guanare en 1591 desempeñó el mismo papel.

Se considera que, con este último hecho, se cierra el período de la conquista para pasar luego al del afianzamiento del poblamiento ya establecido (Vila *et al.* 1965). En este proceso influyó con determinación, el oro, ya que los conquistadores se convencieron que para la búsqueda de minas se necesitaban núcleos de población estables y seguros que permitieron la sedentarización de los hombres y el inicio de actividades artesanales y de servicios, así como la cría de animales y el cultivo de la tierra. Los caseríos y las aldeas dan paso a pueblos y éstos a ciudades. Para fines de 1600 la conquista armada en Venezuela toca fin; para esa época quedaban sin reducción los indígenas del oriente.

### **CONTINUACIÓN DEL PROCESO DE FUNDACIÓN DE CIUDADES EN EL MARCO DE LA COLONIA DURANTE LOS SIGLOS XVII Y XVIII. LAS ENCOMIENDAS Y LAS MISIONES**

A fines del siglo XVI y principios del siguiente, los centros claves del poblamiento nacional quedaron fundados. Trece de aquellos primeros núcleos son hoy capitales estatales. El siglo XVII es el inicio de la conformación de la nueva nacionalidad, pues el fin de la violenta conquista permitió el cruce de las tres razas que habitaban el país: indios, españoles y africanos. Los asentamientos que se construyen a partir de esa fecha toman en cuenta la realidad social, no así los de la conquista, contruidos por y para los españoles; sin embargo, ese siglo fue de un crecimiento demográfico muy lento.

Dos procesos, uno civil y el otro religioso, fueron determinantes para ampliar el esfuerzo poblador español en la segunda mitad del siglo XVII. El primero corresponde a las Encomiendas, proceso cuyo origen se remonta a la



Edad Media y se trasladó luego a la Reconquista en España y que fue luego copiada en el nuevo continente con la aprobación de la Iglesia, por medio de las bulas papales. Esa práctica de coacción consistió en la sujeción de los naturales, la apropiación de sus tierras y aguas para poblar y mantener a los ocupantes peninsulares, fijando dicha población así como la de los indígenas. Su influencia en el poblamiento fue decisiva en las regiones centrales, norte y andinas y ninguna en Oriente, Guayana y en los Llanos, con la excepción de Pedraza y Barinas, a causa de la naturaleza benévola de los indígenas. Se confunde a la Encomienda con los repartimientos de tierras, en que el señorío sobre las tierras se daba a perpetuidad. Se clasificaban en de Servicios, si el indígena trabajaba y de Tributos si pagaba un tributo. Fueron combatidas por los mismos españoles por representar un obstáculo a la evangelización indígena y por razones económicas. No obstante, se considera que estos repartimientos también constituyeron el germen que dio origen a los primeros poblados hechos por los jefes expedicionarios. Las Encomiendas fueron abolidas por Real Cédula en 1687.

El proceso religioso lo constituyó las Misiones, dirigidas a evangelizar a los indígenas a cargo de los monjes Capuchinos en casi todo el país, dominicos en Barinas, jesuitas en el Orinoco y Meta y Observantes (Franciscanos) en Sucre, Guárico y Guayana; se iniciaron en el año de 1656 con la primera misión franciscana establecida en Barcelona. La importancia general de las Misiones se manifestó, con mayor énfasis, en el siglo XVIII y muy poca en el anterior (Araure, en 1694, es el mejor ejemplo) y en las regiones llaneras próximas, orientales y guayanesas y muy escasas en el centro y occidente. Los intentos de establecerlas llano adentro fracasaron. Para su establecimiento se extraían indígenas de los montes y se reducían en alguna localidad (pueblos de Misiones). Para la protección de las mismas de ataques, los españoles construyeron bastiones militares avanzados denominados “villas de españoles”. Las misiones, por lo general, se construían alejadas del río Orinoco, foco de penetración caribe y extranjera.

Los pueblos encomenderos y de misión evolucionaron, luego de 20 años de fundados, a pueblos de doctrina o de parroquia, dependientes del Obispo de la diócesis. El establecimiento de Misiones contribuyó a fundar, de nuevo, sitios que ya lo habían sido, pero que por diversas causas no tuvieron éxito, como fue el caso de Cumaná. La última Misión llegó en 1802.

Es importante destacar un patrón diferente de establecimiento de poblaciones en los Llanos, consistente en la fundación de hatos, ya que por sus condiciones naturales el establecimiento de la esclavitud no fue tan importante como en otras zonas. Las primeras experiencias la constituyen la de españoles procedentes de Guanaguanare, Ospino, Araure y Acarigua, todas en el futuro Portuguesa, quienes se adentraron por las cabeceras de la depresión central con ese fin, algunos de los cuales se convertían en misiones posteriormente. Igualmente los religiosos fundaban hatos con la ayuda de los criadores civiles españoles para que los indígenas nómadas no los depredaran.

De acuerdo a la literatura (Vaccari, 1992) hay tres momentos relevantes en el proceso de fundaciones en el siglo XVII: de 1620 a 1630, de 1675 a 1685 y de 1690 a 1696, en donde los Llanos van a adquirir una importancia que hasta ahora no tenían.

En efecto, en el primer período se fundaron los pueblos alrededor de Caracas, Barquisimeto y Trujillo, de donde surge Acarigua, en el segundo surge San Carlos y en el tercero Araure, todos en los altos Llanos Occidentales, con tierras aptas y fuentes de agua dulce para la agricultura. En todas estas la decisión fue de las autoridades civiles y no religiosas.

La siguiente es la relación de los pueblos fundados en el siglo XVII cuya economía gira alrededor de la ganadería y el tabaco: Cabruta (1643), Acarigua (1653), Chaguaramas (1653), Tinaco (1658), san Juan de Los Morros (1675), San Carlos (1677), Mijagual (1680), Ortíz (1687), Pedraza (1610), Araure (1659), El Pao (1691), El Baúl (1692), Altagracia de Orituco (1694) y Tucupido (1659).

En el siglo XVIII, como ya se dijo, las Misiones son las encargadas del poblamiento; en el occidente las primeras fueron las del Pao, luego entre El Baúl y La Unión, en la confluencia de los ríos Guanarito y Portuguesa y en Paso Real, confluencia de los ríos Cojedes y Tinaco en donde se fundó una villa para evitar que los indios de las misiones ribereñas se escaparan aguas abajo. Los intentos de penetrar más profundamente a través de los ríos Cojedes y Portuguesa, fracasaron.

Es hacia el oriente donde esa actividad adquirió una primordial y relativa intensidad, principalmente en la parte norte (Cumaná, Cariaco y Cumanacoa)

que se iba reduciendo hacia el centro del país y fue muy escasa y de poca importancia al oeste del mismo.

El avance desde las anteriores hacia el sur determinó la fundación de los siguientes sitios: San Mateo en 1715, la primera del siglo; Santa Rosa en 1723, Aragua de Barcelona en 1732, importante debido a su ubicación que permitió las comunicaciones hacia el Unare, el Orinoco y San Sebastián de los Reyes; Maturín en 1722 por los Capuchinos pero no fue aceptada por la Corona, debiéndose fundar, con Cédula Real, en 1735, pero su real poblamiento fue tardío, ya que comenzó en 1760. Santa Ana y Santa Bárbara tuvieron dificultades de implantación debiéndose mudar la primera por hallarse en una ciénaga pestilente y fracasando la segunda. En 1740 Cantaura y en 1741 Pariaguán.

El año 1755 fue importante debido a la Expedición de Límites que penetró por el río Orinoco, lo cual estimuló a los misioneros a adentrarse tierra adentro, dando comienzo al poblamiento al sur, de vital importancia para esa región. Con relación al poblamiento misionero en el centro y occidente se presenta la siguiente relación de hechos:

Los pueblos de misión de Camatagua, El Pao, Cojedes, Mapuey y Acarigua fueron las bases desde las cuales partieron las avanzadas más hacia el sur. En 1687 el padre Manuel de Alesón fundó Lezama y en 1694 se fundó La Pastora, antecedente de la actual Altagracia de Orituco. Por la ruta de Villa de Cura y Ortíz se erigieron San Fernando de Tiznados en 1723, la villa de Calabozo en 1726, la avanzada más meridional en esa época y la villa de Santa María de Ipire en 1747. A partir de Caracas salió la avanzada que en 1760 fundó Tucupido.

Accediendo por el río Tinaco o por el Cojedes, en sus confluencias, se fundó El Baúl entre las décadas de los 40 y 50 de 1700. Los intentos, en 1690 y 1749, de establecerse en el estero de Camaguán fracasaron por las condiciones de inundaciones. Un hecho curioso lo fue el de La Unión, que en 1754 se constituyó en la confluencia de los ríos Guanare y Portuguesa, a lo que se opuso Barinas, a veces con violencia, por razones de límites, lo cual vino a solucionarse 14 años después. Esta es tal vez la primera reclamación territorial interna conocida; la fundación permitió igualmente el establecimiento definitivo de Camaguán.

No lejos del Píritu occidental en 1751, y en 1763 en San Genaro y Santa María, cercanos a los ríos Boconó y Portuguesa, respectivamente, se establecieron misiones; Guardatinajas, frente a Calabozo, en 1768, mientras que Achaguas, San Juan de Payara, Atamaica, Cunaviche y Capanaparo ya existían en 1780, fecha que las visitó el obispo Martí. Frente a la confluencia del río Portuguesa en el Apure se emplazó San Fernando en 1770.

Ya a partir de estos últimos lugares citados la avanzada capuchina intentó unirse con las misiones de los jesuitas en el Orinoco medio y en Río Negro, pero no tuvo éxito debido a que a medida que crecía en extensión la obra de catequización y misionera, del mismo modo disminuía su fuerza por dilución y debilitamiento.

Para la segunda mitad del siglo XVIII existían ciudades y villas de relativa importancia en los Llanos Centrales y Occidentales, especialmente en el Piedemonte, siendo el período comprendido entre 1711, con la fundación de Nutrias, y 1789, con la de San Fernando de Apure, el de mayor aliento poblador, surgiendo unos cien pueblos que comunicaron al hábitat llanero la estructura que aún mantiene. Todo el siglo XVIII hasta el año de 1920, la población venezolana evolucionó en un período de expansión lenta.

La siguiente es la relación de los pueblos fundados en el siglo XVIII: Nutrias (1711), Calabozo (1723), El Sombrero (1725), Zaraza (1740), Pariaguán (1742), Guasdualito (1750), Maturín (1760), Guanarito (1768), Tinaquillo (1769), Valle de La Pascua (1772), Achaguas (1774) y San Fernando de Apure (1789).

## **EL SEGUNDO ACTO ADMINISTRATIVO DE RELEVANCIA HISTÓRICA**

Debieron transcurrir casi dos siglos y medio desde el Descubrimiento para que se conformara definitivamente lo que iba a ser el país, al firmar el Rey Carlos III de España, el 8 de septiembre de 1777, la Cédula Real que creaba la Capitanía General de Venezuela conformadas por las Provincias de Venezuela o Caracas, Nueva Andalucía o Cumaná, Margarita, Trinidad, Maracaibo y Guayana. Con el acto se sella la unidad fiscal y económica nacional al contarse con una misma jurisdicción y mando único en lo político, civil y militar.

El poco peso específico que hasta ese momento tenía la región llanera se demuestra en que ninguna denominación de provincias corresponde a poblaciones allí ubicadas, situación esta que se mantuvo hasta casi finalizada la época colonial.

## **SITUACIÓN DURANTE EL ÚLTIMO SIGLO COLONIAL**

La primera década del siglo XIX constituyó la etapa final del período colonial, ya que en 1810 y 1811 se produjeron, respectivamente, la voluntad de independencia y la independencia propiamente dicha. Entre 1800 y 1812 se dio un impulso considerable al poblamiento que influyó hacia los espacios interiores del Llano, lo cual había comenzado a finales del siglo XVIII gracias a la explotación ganadera entre el piedemonte, los llanos y las riberas del río Orinoco. En la primera década del siglo pasado la población era de 997.000 habitantes, concentrándose el 70 % en las regiones costeras, incluidas las orientales y en las montañosas. En los Llanos la población fue de 212.000 personas criollas y mestizas y 100.000 indígenas libres en la región, Guayana y el sur. La densidad de población era alta en el piedemonte andino llanero gracias al contacto con Los Andes; la carretera a Barinas se hallaba poblada por villas, pueblos y caseríos.

En Portuguesa se destacaron Araure por la cría de ganado, siendo Acarigua su satélite, y Guanare por su situación geográfica. Ospino se hallaba en decadencia. Llano adentro, Guanarito por su ubicación en el Paso Real del río Guanare, otros pueblos como Papelón y Maraca y numerosos hatos. En Barinas el río santo Domingo, gracias a su navegabilidad, le proporciona valor económico, permitiendo la comunicación a través de los ríos Boconó, Meta, Apure y Orinoco hasta Angostura, sirviendo para ello los puertos de Torunos y Nutrias. En la ciudad de Barinas surge una poderosa oligarquía que se enriqueció con la explotación agropecuaria, convirtiéndose dicha ciudad en punto nodal de las comunicaciones hacia Los Andes y el piedemonte. A finales del siglo XVIII se formó el pueblo de La Yuca, camino real a Guanare y Obispos adquiere relevancia por el puerto de Torunos. No así Pedraza que a comienzos del siglo XIX se estancó por ser refugio de esclavos, forajidos. Aguas abajo de aquel puerto se estructuran pequeños pueblos de criollos e indígenas como El Real, San Lorenzo, Santa Inés y Santa Lucía. En el río Canaguá, San Rafael de Canaguá; todos estos poblados irrumpen el vacío demográfico del Alto Llano barinés. La penetración barinesa hacia los Llanos

origina, entre los siglos XVIII y XIX, a Mijagual, con una pica hasta el río Apure.

Los ríos llaneros sirvieron no sólo para las comunicaciones sino para estimular el poblamiento a sus orillas. Los ríos Guárico, Portuguesa, Santo Domingo y Apure permiten las comunicaciones hacia el Centro y Guayana, siendo algunos pueblos Palmarito, Suripá y Quintero en el Apure y Guadarrama en el Portuguesa.

Un hecho que demuestra la organización y tamaño de la población lo constituye el servicio de correos, en pleno funcionamiento para 1811. Entre Caracas y las ciudades de San Carlos, Guanare, Araure, Ospino y Barinas se producen 4 despachos mensuales, 2 veces a la semana entre Caracas y Villa de Cura, San Sebastián y Cagua y hacia el Oriente (Barcelona, Cumaná y Margarita) es bimensual.

A medida que transcurre el tiempo, se incrementan el poblamiento y las relaciones de producción de bienes y servicios, surgen numerosas microrregiones funcionales que dificultan la descripción coherente del poblamiento. En este sentido, a continuación se va a detallar un poco más el poblamiento en la región de los Llanos Orientales, dado el impulso que experimentó la economía, sin que eso signifique que en las otras regiones llaneras no hubo importantes procesos similares.

Dos áreas bien delimitadas son reconocidas: los Llanos de Barcelona y los Llanos de Maturín, subdividiéndose ambos en altos y bajos, con una unidad básica de poblamiento igual para toda la región llanera nacional: el hato ganadero, de carácter latifundista y manejo extensivo y sumamente extenso, debiéndose medir en leguas cuadradas, ya que para el caso oriental, se extendían entre los Llanos Altos y las márgenes del Orinoco.

Barcelona es la ciudad más importante, ya que para 1796 estaba definida toda su fachada marítima y se insinuaba su penetración hacia el sur. Con su desarrollo posterior, la población allí asentada tuvo su principal medio de subsistencia en la ganadería de todo tipo, con un área de implantación desde las tierras inmediatas al sur de la ciudad hasta el mismo Orinoco. Pero ya en 1801 las acciones del bandidaje (cuatreros) se hacían sentir con fuerza, lo que hace disminuir la explotación.

Para comienzos del siglo esa región se percibía dividida en tres sectores distintos: los Llanos de Aragua, de Pariaguán y del Pao, siendo este último el más importante por su ubicación, que permitía el acceso al río Orinoco, y por sus diversas plantaciones de frutales. En la parte occidental se destacó San Diego de Cabrutica, que permitió el avance del poblamiento hacia Zuata.

Al sur y este de los Llanos de Barcelona, se presentan las Mesas, con alturas de hasta 450 m y fuertes disecciones del relieve por los ríos, que causan obstáculos en las comunicaciones, además de su clima árido y suelos pobres. Para los inicios del siglo son regiones muy poco pobladas, excepto San Mateo, más hacia el norte y la Mesa de Guanipa cuyo pueblo más meridional fue Nuestra Señora de Chamariapa (Cantaura), encrucijada de vías hacia todas las direcciones. Otros pequeños pueblos desaparecieron durante la guerra de independencia en el año de 1814. El caserío de El Tigre se formó por influencia barcelonesa también.

Con relación a los Llanos de Maturín, sus ventajas geográficas vienen dadas por ser zona de contacto entre las tierras altas del macizo de Caripe y los llanos próximos hacia el Orinoco, acceso al golfo de Paria y por consiguiente a Trinidad, Guayana y Barcelona, así como tierras fértiles. En la parte alta el poblamiento fue muy escaso a comienzos del siglo ya que la influencia de Maturín hizo que sólo se formaran cuatro pueblos misionales, entre los cuales se hallan San Félix, Caicara y Aragua de Maturín y numerosos hatos, entre ellos, Areo, Tapirín, Santa Bárbara y Aguasay. Para esa época se identificaban dichos llanos con los de Cumaná e incluían los de Maturín, Teresén, Amana, Guanipa, Tonoro y Caris, debiendo transcurrir treinta años para que adquiriesen la actual denominación.

El escaso poblamiento se encuentra heterogéneamente distribuido: en la parte alta en haciendas, hatos y numerosos pueblos, mientras que en los llanos bajos, más deshabitados, sólo hatos dispersos y caseríos muy poco estructurados, salvo Uracoa, Tabasca y Barranquilla.

En cuanto a los Llanos Centrales y Occidentales, las comarcas muy aisladas entre sí, los difíciles caminos que se interrumpían en la época de lluvias, las inclemencias del tiempo, sobre todo las altas temperaturas, plagas de todo tipo y fauna peligrosa hacían poco propicio y atractivo un poblamiento masivo, prefiriendo las gentes llegar hasta las puertas de entrada, representadas

en esa época por las poblaciones de Tinaquillo, El Pao, San Juan de los Morros y San Sebastián.

## **LA SOCIEDAD LLANERA**

Para finalizar, unas últimas líneas sobre el poblador llanero, su personalidad y de cómo ésta estuvo determinada por el medio natural que son los Llanos.

El movimiento independentista de 1810 evidenció la existencia de dos tipos de sociedades en la colonia venezolana: la europea o española, regida por leyes escritas, con un estilo jurídico y una forma de organización política definida y características sociales muy particulares (castas o estamentos) Los pobladores españoles del llano procedían, principalmente, de las provincias de Andalucía: Almería, Córdoba, Granada, Cádiz, Sevilla y Jaén.

La otra sociedad era la rural, de cuya existencia da fe Humboldt, con realidades sociales, jurídicas y económicas completamente distintas, cuyos inicios se remontan al siglo XVI con la introducción de ganado vacuno en los Llanos, siendo Cristóbal Guerra el introductor de ese ganado y fundador del primer hato en un lugar cercano a Calabozo, La Unión, en 1530.

Sin embargo, no es la sangre mestiza lo que va a definir al llanero sino su psicología, su manera de ser y actuar, que van a ser influidas por el medio, así como en su carácter, usos, vestidos, viviendas, etc. Para ellos no existían las leyes sino la autoridad del más fuerte, teniendo además una noción distinta de la propiedad, ya que el sentido nómada era el prevaleciente, acorde con la incipiente economía pastoril. Esto facilitó que los Llanos se convirtieran en refugios de malhechores.

Esa escala de valores, diferentes a la urbana, le dará a la guerra de independencia un carácter de guerra social y civil y de acuerdo a Vallenilla Lanz (Siso Martínez, 1957) en esos grupos aparecerán los gérmenes del carácter nacional venezolano.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- Civrieux, Marc de. 1974. El hombre silvestre ante la naturaleza. Monte Avila Editores C.A. Colección Científica, No. 56. Caracas.
- Cunil Grau, Pedro. 1987. Geografía del Poblamiento Venezolano en el siglo XIX. Ediciones de la Presidencia de la República. Caracas.
- Fuentes – Figueroa R., Julián. S.f. Historia de Venezuela. Primer y Segundo tomo. Ediciones RGH. Caracas.
- FUNDACION POLAR. 1988. Diccionario de Historia de Venezuela. Caracas.
- MARNR. 1996. Mapa histórico Capitanía General de Venezuela 1777. Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional. Caracas.
- Medina Rubio, Arístides. 1993. Descubrimiento, conquista y dominación del territorio. En: Historia mínima de Venezuela. Fundación de los Trabajadores de Lagovén.
- Pouyllau, Michel. 1992. Le Venezuela. Editions Karthala. Collection Méridiens, peuples et pays du monde. París. Francia.
- Siso Martínez. 1957. Historia de Venezuela. 5ta. Edición. Editorial Yocoima. Venezuela – México.
- Uslar Pietri, Arturo. 1986. Medio milenio de Venezuela. Cuadernos Lagovén, filial de Petróleos de Venezuela, S.A. Caracas.
- Vaccari, Letizia. 1993. El proceso de colonización. En: Historia mínima de Venezuela. Fundación de los Trabajadores de Lagovén.
- Vila, Pablo; Brito Figueroa, Federico; Cárdenas, Antonio Luis; Carpio, Rubén. 1965. Geografía de Venezuela. Tomo 2: El paisaje natural y el paisaje humanizado. Ministerio de Educación. Dirección Técnica. Departamento de Publicaciones. Caracas.

---

## **BOSQUES DE LOS LLANOS DE VENEZUELA: CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE SU ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA**

*Gerardo Aymard*

### **INTRODUCCIÓN**

Fisiográficamente los Llanos se definen como extensas áreas sobre material sedimentario aluvial originado a partir de los terrenos elevados circundantes bajo la influencia de los cambios climáticos del cuaternario. Esta región está ubicada en la parte septentrional de América del Sur y se caracteriza por la presencia de amplias llanuras con una variedad de ecosistemas de sabana y bosques, los cuales se han agrupado de acuerdo a su composición florística, fisionomía y ecología (San José y Montes 1989; Davis et al. 1997).

La mayor parte de la región posee alturas sobre el nivel de mar inferiores a 250 m, precipitaciones anuales entre los 800 y 2.700 mm (MARNR, 1985) producto de la marcada influencia de los vientos alisios del NE, y poseen una fuerte tendencia a la bio-estacionalidad, presentándose de 3 al 7 meses de sequía. Las temperaturas son macrotérmicas, con medias anuales mayores que 24° C (Sánchez, 1960).

La región llanera se encuentra en una gran planicie sedimentaria-aluvial, la cual limita con la Cordillera de la Costa al norte, La Cordillera de los Andes al oeste, con la planicie de desborde del río Orinoco al sur, y al este con el complejo de planicies cenagosas del Estado Monagas y de la desembocadura del río Orinoco. Sin embargo, el límite sudoeste del Llano venezolano se prolonga desde el río Meta hacia el sur y oeste en dirección de las cuencas de los ríos Vichada y Guaviare, región que se conoce como los Llanos Orientales Colombianos (Blydenstein, 1967; Cortés-Lombana, 1981).

La vegetación de los Llanos venezolanos esta constituida por una mezcla de elementos florísticos neotropicales y un interesante mosaico de diferentes tipos de vegetación, la cual está asociada con el paisaje, las características del suelo, las relaciones hídricas (Lasser, 1969) y una marcada influencia humana (Redmond y Spencer, 1994). Fitogeográficamente, y bajo un contexto muy generalizado, los Llanos venezolanos han sido asignados a la región fitogeográfica del Caribe, provincia llanera (Takhtajan, 1986), y los tipos de unidades de vegetación los dominan extensas sabanas, las cuales comparten el medio físico con chaparrales, palmares, morichales, bosques decídúos, brevidecídúos, y siempreverdes.

En su famosa expedición en busca del “Dorado” en 1531, Nicolás Federmann fue el primer europeo en observar los Llanos venezolanos, hecho mencionado en el Capítulo 1, llamándole la atención la inmensidad de la llanura y la fertilidad de los suelos de la región (Arcaya, 1916). Al comparar los diversos estudios realizados en la región para establecer una correlación que nos ayude a delimitar las formaciones vegetales, hallamos que la vegetación de la región llanera ha recibido diferentes nombres. De acuerdo con los conceptos y el momento histórico, estas clasificaciones fueron propuestas por los diferentes investigadores que han realizado observaciones y estudios fitogeográficos en Venezuela. Humboldt, (1818-19) fue el primero en elaborar descripciones detalladas de los Llanos; sus observaciones realizadas en Marzo del año 1800 recogen las denominaciones locales y anotan las características del paisaje basándose en comparaciones con las formaciones geológicas, asociaciones vegetales y realidades geográficas de Europa. Codazzi (1841) realizó un estudio sistemático de la geografía física y económica del país, fue el primero en utilizar el término “Alto Llano”. Según su criterio, los llanos son ubicados en la zonas de los pastos, distinguiendo en estas zonas una gran variedad de sabanas. Jahn (1921), partiendo de los procesos geológicos, aplica las denominaciones “Llanos Occidentales” y “Llanos Orientales”. Este autor hizo énfasis en las condiciones ecológicas y diferenció suelos y vegetación en estas dos regiones.

Pittier (1920, 1937, 1948), basándose en aspectos generales sobre la estructura (horizontal y vertical) y composición florística, elaboró el primer mapa de clasificación de la vegetación en Venezuela, el cual lo acompañó con un esbozo de las formaciones vegetales conocidas para la época. En su clasificación Pittier separó la vegetación en tres grandes grupos: selvas,

sabanas y los páramos, subdividiendo cada uno de estos grupos en unidades de vegetación según la naturaleza del suelo y los valores de pluviosidad. Dentro del gran grupo de selvas, describe los bosques llaneros como selvas secas de tipo xerofítico y selvas veraneras, describiéndolas como formaciones vegetales ricas en especies arbóreas, con una amplia heterogeneidad espacial debido a cambios edafológicos.

Beard (1946, 1955) en su sistema de clasificación de vegetación para el Neotrópico, ubica a la región llanera como Selvas veraneras semidecíduas y decíduas, formación que presenta de tres a dos estratos bien diferenciados, con abundancia de palmas y lianas en el piso inferior. Las epífitas, los helechos y los musgos son escasos y cerca del 70 % de especies de árboles son decíduos. De acuerdo con el mapa de vegetación de Hueck (1959, 1960), estas formaciones pertenecen a los Bosques decíduos, en parte siempreverdes, mesófilos (bosques alisios, formaciones tropófilas) e higrófilos en las regiones bajas. Estas formaciones poseen muy pocas especies siembreverdes debido al prolongado período de sequía (3-6 meses). Posteriormente, el mismo autor (Hueck 1978) los incluye en los Bosques de los alisios colombiano-venezolano, en donde predominan las selvas deciduas, las cuales representan una gran mosaico de formaciones interrumpidas por otros tipos de bosque de menor altura y exuberancia, regiones en las cuales se encuentran las especies madereras más valiosas del país. Aristeguieta (1968a), basándose en la pérdida total del follaje de más de la mitad de las especies arbóreas, ha denominado a los bosques de estas regiones como "bosques caducifolios". Tamayo (1972) describe los bosques llaneros como selvas secas de tipo xerofítico y clasifica las selvas veraneras de Pittier como selvas tropófitas con abundancia de especies deciduas, entremezcladas con espinares, matas y morichales. Según la formulación climática de Holdridge (1967) y adaptada para Venezuela por Ewel *et al.* (1976), la formación boscosa predominante en los Llanos se encuentra ubicada dentro de la zona de vida Bosque Seco Tropical, debido al régimen constante de temperaturas altas (media 22°-29° C) y precipitación media anual entre de 1000-1800 mm. La región también contiene importantes áreas de bosque muy seco y húmedo tropical. Bajo este concepto bioclimático, el bosque seco tropical es la región más importante en Venezuela, por su extensión, sus diferentes tipos de bosques, adaptabilidad para la agricultura, producción pecuaria y por los famosos bosques productores de maderas finas que existieron en el norte del Estado Barinas y en el centro del Estado Portuguesa (González-Vale, 1945; Turner y Veillón, 1949; MARNR, 1985; Veillón, 1971, 1976,

1986, 1889, 1997). De acuerdo al mapa de vegetación de Venezuela de Huber y Alarcón (1988), se consideran a los bosques del área del estudio dentro de la gran región Llanura baja, subregión Llanos, la cual esta constituida por bosques de galería, palmares y bosques semidecídúos .

Sin embargo, en la mayoría de su extensión, el bosque seco tropical abarca condiciones edáficas y topográficas tan distintas, que la vegetación existente se presenta como una gran variedad de bosques, que van de muy secos hasta los húmedos. Estas designaciones divergentes para una aparente misma realidad, nos indican que muchas veces se trata de información preliminar, que solo pueden acercarse a conceptos definitivos por medio de investigaciones en detalle, o estudios puntuales. Sin embargo, para efectos de la presente recopilación, y basándose en las complejidades ecológicas y florísticas, el tamaño del área y la apreciable cantidad de información existente, las descripciones de la vegetación boscosa se dividieron bajo el criterio de subregiones fisiográficas (Mogollón y Comerma, 1994). Estos autores citados dividen la región llanera en Llanos Occidentales altos, intermedios y bajos o meridionales, Llanos Centrales (altos y bajos) y los Llanos Orientales (altos y de planicie de sedimentación fluvial). Sin embargo, también se han considerado (cuando la información básica estuvo disponible) criterios fitogeográficos y ecológicos generales (geomorfológicos y edafológicos).

## **LLANOS OCCIDENTALES**

El gran sector de los Llanos occidentales comprende la amplia llanura aluvial de la cuenca sedimentaria Barinas-Apure, la cual comienza en la base oriental de la Cordillera Andina en los Estados Táchira y Barinas (Llanos Occidentales altos) hasta el Estado Cojedes, región del contacto Piedemonte Andino con la planicie aluvial. Estas planicies aluviales se extienden en dirección norte-sur en los estados Barinas, Portuguesa y Cojedes (Llanos Occidentales intermedios) hasta la planicie de desborde del río Meta (Llanos Occidentales meridionales o bajos), en el Estados Apure. Los vegetación de este sector esta ampliamente condicionada por una dinámica fluvial y depositacional muy compleja, producto de la evolución terciaria y de las cambios climáticos durante el cuaternario (Graham y Dilcher, 1995).

### ***Piedemonte Andino***

La vegetación boscosa de la región del “contacto Pie del Monte Andino con la planicie aluvial”, por lo general está representada por una gran franja de bosques semidecídus y decídus de mediana y baja altura, situados sobre terrazas y vegas, mezclados con sabanas y chaparrales (Rengel *et al.*, 1983; Stergios, 1984). Veillón (1971, 1997), Sarmiento *et al.* (1971) y Smith (1972) fueron los primeros en describir los bosques del piedemonte Andino. El primer autor describe la selva del alto Río Tucupido en el Estado Portuguesa con una gran diversidad florística (más de 100 especies de árboles), rica en especies maderables, los cuales estaban dominados por *Croton gossypifolius* (“Sangrito”), *Brownea macrophylla* (“Rosa de montaña”), *Banara guianensis* (“Marfilito”), y presentaban individuos arbóreos de *Pachira quinata* (“Saquisaqui”), *Brosimum alicastrum* subsp. *bolivarense* (“Charo blanco”) *Lonchocarpus margaritensis* (“Jebe”) y *Chrysophyllum argenteum* subsp. *auratum* (“Chupón”) con alturas de 25-30 m. Aymard y Cuello (1989) describen dos tipos de bosques situados al norte de Guanare, Estado Portuguesa, uno sobre terrazas aluviales, decídus, de mediana altura, dominados por *Cyrtocarpa velutinifolia* (Anacardiaceae), *Apuleia leiocarpa* var. *molaris* (Caesalpiniaceae), *Cordia alliodora* (Boraginaceae), *Swartzia pittieri* (Fabaceae) y *Pseudobombax septenatum* (Bombacaceae). El otro tipo de bosque se encuentra a lo largo de los cursos de agua en las depresiones fluviales, son de mediana altura, de densidad mediana y rala. Debido a una mayor disponibilidad de agua estas comunidades boscosas están dominadas por una mezcla de especies deciduas y perennifolias, entre las más importantes se encuentran *Ocotea bofo* (Lauraceae), *Anacardium excelsum* (Anacardiaceae), *Protium heptaphyllum* (Burseraceae), *Ouratea guildingii* (Ochnaceae), *Ormosia macrocalyx* (Fabaceae) y *Vochysia lehmannii* (Vochysiaceae). Estos bosques comúnmente se les conoce con el nombre de “bosques de galería”, los cuales son muy comunes en todo los sectores del Llano Venezolano.

Otro bosque que se ubica en esta parte del piedemonte Andino, es el área “El Caimital”, situado a orillas del río La Yuca, aproximadamente 7 km. al SE de Barrancas, Estado Barinas. El Bosque “El Caimital” actualmente representa el remanente de la gran “selva del Masparro”, la cual fue deforestada a finales del siglo XIX, y explotada selectivamente a mediados del siglo XX (Finol, 1964). Esta área pertenece a la Universidad de los Andes, razón por la cual la estructura, la composición florística y aspectos ecológicos y silviculturales de la

vegetación boscosa han sido estudiados en detalle en los últimos 40 años (Lamprecht, 1957, 1962, 1964; Petit, 1969; Finol, 1964, 1980, Veillón, 1962, 1978, 1985, 1986, 1997; Ramírez *et al.*, 1997). Para una área muestral de 10 ha y utilizando un diámetro mínimo de 10 cm, la masa boscosa presentó valores de 3.126 individuos, con un área basal de 293 m<sup>2</sup> y 90 especies determinadas. De acuerdo a todos estos estudios los bosques de el “El Caimital” se clasifican en bosques dominados por *Attalea butyracea* (“Palma de agua”), *Brosimum sp.* (“Charo”), *Syagrus sancona* (“Palma sarare”), *Fissicalyx fendleri* (“Tasajo”), *Roystonea oleracea* (“Mapora”) y *Calycophyllum candidissimum* (“Araguato”). Resultados de estudios recientes en el sector de la cuenca media-alta del río La Yuca, Estados Barinas (Aymard y Cuello, en preparación) indican que estos bosques son semidecíduos hasta siempreverdes, presentan alturas entre 15-25 m y emergentes de 30 m de altura, su densidad es de mediana a rala, y la estratificación del dosel no es uniforme debido al grado de intervención a la que han estado sometidos. Entre las especies arbóreas más importantes en este bosque se registraron los siguientes: *Ficus insipida*, *Brosimum alicastrum* subsp. *bolivarense* (Moraceae) y *Simira lezamae* (Rubiaceae), esta última especie hasta el presente es endémica de la región de los bosques del Piedemonte.

### ***Llanos Occidentales intermedios***

La vegetación boscosa de la región de los Llanos Occidentales intermedios se encuentran situada en planicies de desborde, sobre suelos de mediana fertilidad natural, con diferentes grados de inundación al norte y centro del Estado Barinas, centro y sur de los estados Portuguesa y Cojedes y noroeste del Estado Apure. Actualmente, los bosques naturales que aún persisten en esta área se encuentran en las “Reservas Forestales” de Ticoporo, Caparo, San Camilo, así como también extensos remanentes de bosques de galería que siguen los numerosos ríos que atraviesan la región (desde el río Sarare, Edo. Apure hasta el río Cojedes, Edo. Cojedes). La región tuvo los bosques más importantes de maderas finas del norte de Suramérica. Los datos históricos generales acerca de la vegetación de la región a la llegada de los Españoles, indican que estas áreas estaban cubiertas por extensos bosques, los cuales no presentaron actividades importantes de explotación, debido, a que la población nativa era relativamente pequeña. En los tiempos de la Colonia, se inició el desarrollo de la agricultura y la ganadería en toda la región de los Llanos Occidentales. En esta etapa la explotación y el comercio de los productos

forestales fue destinada al consumo local, principalmente a la construcción de viviendas, muebles y embarcaciones. A principios del siglo XIX los bosques de los Llanos Occidentales presentaban niveles de intervención significativas (Veillón, 1971, 1976). Posteriormente, las guerras locales y el incremento del paludismo a mediados del siglo XIX, diezmaron y alejaron la población de las áreas rurales de la región, situación que permitió la recuperación de la vegetación natural. Este proceso se extendió hasta finales de la Dictadura Gomecista, época en que regresó la seguridad personal al campo y comenzó un programa de erradicación del paludismo y otras enfermedades endémicas. Con la finalidad de establecer una política coherente para la consolidación y modernización de las actividades agropecuarias y forestales, a partir de los años 40, se iniciaron ambiciosos planes de expansión y desarrollo en todas las áreas rurales del país. A pesar de la continua expansión de la frontera agrícola y la actividad forestal, para el año 1949 el Estado Portuguesa y el norte del Estado Barinas poseían aproximadamente 900.000 hectáreas bajo bosques, de las cuales cerca de 500.000 eran bosques sobre la planicie de sedimentación dominados por maderas valiosas. Valores dasonómicos tomados de inventarios forestales entre los años 1940-1960, indican que los bosques de la “Reserva Forestal de Turén”, solamente para Cedro y Caoba poseían promedios de 59 m<sup>3</sup> por hectárea, (Veillón, 1971). Este mismo autor describió los bosques de esta reserva como altos (25-35 m de altura), con tres estratos bien definidos, y básicamente dominados por tres especies *Swietenia macrophylla* (“Caoba”); *Cedrela odorata* (“Cedro”) y *Pachira quinata* (“Saqui-Saqui”), especies que representaron 20% (190) del total de individuos (949) para una muestra de 6 ha (Veillón, 1997).

Los bosques de las Reservas de “Ticoporo”, “Caparo” en el Estado Barinas y “San Camilo” en el Estado Apure también pertenecen a la región de los Llanos intermedios. De acuerdo al atlas de vegetación de Venezuela (MARNR, 1985), estas comunidades poseen bosques siempreverdes, brevidecíduos y decíduos, de altos a medios y de densidad media a densa. Al igual que el “Bosque Universitario El Caimital”, los bosques de las Reservas de “Ticoporo” y “Caparo” han sido estudiados en detalle en los últimos 30 años por personal de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de los Andes (Finol, 1969). De acuerdo a inventarios forestales con fines de manejo silvicultural (Finol 1971, 1980; Veillón, 1997) los bosques de Ticoporo ó “Selvas de Anaro” representan una transición de bosques decíduos a siempreverdes, dominados por *Attalea butyracea* (“Palma de agua”) *Pouteria*



*procera* (“Chupón”), *Pachira quinata* (Saqui-saqui), *Cordia thaisiana* (“Pardillo amarillo”) y *Mouriri barinensis* (“Perhuetano”).

Los vegetación boscosa de la Reserva de “Caparo” está representada por un amplio mosaico de tipos de bosques que va desde los bosques altos siempreverdes a los medianos decíduos, y transiciones de estos. La masa forestal de esta amplia región ha sido estudiada en detalle desde el año 1970 (Vincent, 1970; Finol, 1976; Hase y Fölster, 1982; Sobrevilla, 1982; Arends *et al.*, 1993; Hernández y Guevara, 1994), trabajos que han identificado entre 9 y 12 tipos de vegetación. De acuerdo a Arends *et al.* (1993), existen dos tipos de bosques decíduos que son muy característicos de esta área; los bosques en banco dominados por *Paquira quinata* (“Saqui-saqui”), *Pterocarpus acapulcensis* (“Drago”) y *Protium crenatum* (“Triaco”) y los bosques de bajo dominados por: *Trichanthera gigantea* (“Yatago”), *Sapium stylare* (“Lechero”), *Triplaris americana* (“Palo de María”) y *Pachira quinata* (“Saqui-saqui”).

La Reserva Forestal de “San Camilo” al oeste del estado Apure ha sido muy pobremente estudiada. Sin embargo, la región todavía posee bosques brevidecíduos y siempreverdes (Finol, 1980; MARNR, 1985), más diversos que las regiones de Caparo y Ticoporo y entre su rica flora se han registrado algunas especies endémicas y otras con afinidad Amazónica (Steyermark, 1978, 1979, 1982). Por otra parte al ESE de Santa Bárbara de Barinas, se han observado bosques con las mismas características de los de “San Camilo” (altos, siempreverdes) con presencia de especies afinidad Amazónica-Guayanesa, entre las que se encuentran *Lecythis corrugata* var. *rosea* (Lecythidaceae) y *Crepidospermum rhoifolium* (Bursaceae).

Otros tipos de bosques muy abundantes en los Llanos medios lo representan los de bosques de galería. De los bosques de vega más conspicuos en la región de los Estados Barinas, Portuguesa y Cojedes se encuentran los “Mijaguales”. Los “Mijaguales” son comunidades boscosas brevidecíduas de hasta 35 m. de altura, sobre suelos con problemas de drenaje dominados por *Anacardium excelsum* (“Mijao”) y especies siempre verdes. Al Norte de la ciudad de Guanare, en la planicie del río Guanare todavía se observan comunidades de “Mijao” acompañadas de *Courupita guianensis* (Lecythidaceae), *Ocotea bofo* (Lauraceae), *Ficus insipida*, *F. maxima* (Moraceae), *Ormosia macrocalyx* (Fabaceae), *Guarea guidonia* (Meliaceae) y *Attalea butyracea* (Palmae). Otros tipos de bosques situados en el Estado

Portuguesa con abundantes especies siempreverdes de mediana altura se encuentran en la planicie de desborde en la cuenca media del río Portuguesa, los cuales están dominados por *Nectandra turbacensis* (Lauraceae), *Trichilia martiana* (Lauraceae), *Ocotea caudata* (Lauraceae), *Terminalia oblonga* (Combretaceae) y *Pradosia caracasana* (Sapotaceae), ver Cuello *et al.* (1989) y en el Caño Delgadito, con abundancia de *Trichanthera gigantea* (Acanthaceae), *Sorocea sprucei* (Moraceae) y *Sabal mauritiaeformis* (Palmae), ver Stergios *et al.* (1998).

### ***Llanos Occidentales bajos o meridionales***

Este amplio sector ubicado al sur de los Estados Portuguesa y Cojedes, sureste de Barinas y el centro, noreste y sur del Estado Apure, corresponde a las áreas más bajas del paisaje Llanero, región que se caracteriza por importantes inundaciones anuales, suelos con problemas de drenaje, e incluye al sur del río Arauca el área más grande de médanos que posee el país.

Por lo general, la vegetación boscosa en los Llanos bajos está conformada por una amplia red de largos y continuos bosques de galería y por bosques decídúos no-inundables situados en las posiciones topográficas más altas (bancos). Estos bosques no-inundables sobre bancos se encuentran en la región sudeste del Estado Barinas y norte del Estado Apure hasta la planicie norte del río Arauca. En la región de Dolores, en el Estado Barinas todavía se encuentran bosques altos con dominancia de “Carabali” o “Hueso de Pescado” (*Albizia niopoides* var. *niopoides*). En los alrededores del “Samán de Apure” estas comunidades están conformadas por corpulentos “Samanes” (*Samanea saman*), acompañados por especies deciduas de *Pterocarpus acapulcensis* (“drago”), *Spondias mombin* (“Jobo”), *Pseudosamanea guachapele* (“Uvero Macho”) y *Enterolobium cyclocarpum* (“Caro-Caro”). Sin embargo, esta misma región posee una interesante variedad de bosques de galería, siendo los más estudiados los del río Caicara, y los caños Guaritico, Pavóncito y Caucagua en los alrededores de Mantecal. En el “Hato El Frío” y región adyacente del caño Guaritico Castroviejo y López (1985) describen dos tipos de bosques de galería, uno dominado por *Nectandra pichurin* (Lauraceae) y *Duguetia riberensis* (Annonaceae) y el otro dominado por densas comunidades de “mangle” (*Coccoloba obtusifolia*-Polygonaceae). Los mismos autores también describen manchas de vegetación arbórea dominadas por “Jobo” (*Spondias mombin*) y “Uvero” (*Coccoloba caracasana*) que crecen aisladas en la sabana, estas

comunidades se denominan "Matas", las cuales son también muy comunes en los estados Apure y Guárico (Aristeguieta, 1966; Berroterán, 1985, 1988). Por otra parte, Stergios describe los bosques de Galería del caño Guaritico con dos estratos bien definidos y abundantes especies siempreverdes, entre las más dominantes cita a *Chomelia polyantha* (Rubiaceae), *Licania apetala* (Chrysobalanaceae), *Vochysia venezuelana* (Vochysiaceae) y *Symmeria paniculata* (Polygonaceae). González (1985) describe 13 asociaciones de bosques decídúos, semidecídúos, siembreverdes y matorral a lo largo del río Caicara, y los caños Pavóncito y Caucagua. Entre los bosques decídúos y brevidecídúos cita como especies dominantes *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae), *Platymiscium pinnatum* (Fabaceae) y *Lonchocarpus pictus* (Fabaceae) y *Inga nobilis* (Mimosaceae), *Alchornea schomburgkii* (Euphorbiaceae) y *Myrcia subsessilis* (Myrtaceae) para los bosques siempreverdes.

Al Sur del río Arauca y hasta el río Meta, el panorama cambia drásticamente, las sabanas son más amplias, el paisaje esta compuesto por médanos y hacia el oeste la planicie eólica-limosa, la vegetación boscosa en este sector se limita a bosques de galería y extensos morichales. En el río Cunaviche por ejemplo, los bosques están dominados por centenares de individuos de "Chiga", perteneciente a la especie *Campsiandra implexicaulis* (Caesalpiniaceae), cuyas semillas son ampliamente consumidas por las comunidades de la región (Stergios, 1993, 1996).

En la región comprendida entre los ríos Capanaparo y Cinaruco-Riecito existe una planicie eólica-limosa, originada por sucesivas deposiciones eólicas bajo condiciones de extrema aridez (Malagón y Ochoa, 1980) la cual se inunda en la época de lluvia. De acuerdo a Schargel y Aymard (1993), los bosques de galería en estas áreas están compuestos por comunidades boscosas brevidecídúas a siempreverdes de mediana a baja altura, los cuales están dominados por especies de afinidad Amazónica, entre las más importantes están: *Laetia suaveolens* (Flacourtiaceae), *Mabea schomburgkii* (Euphorbiaceae), *Pouteria elegans* (Sapotaceae) Al este de estos bosques, en los sectores del caño La Pica y los ríos Juriepe y Cinaruco, la influencia de especies de los bosques de la cuenca de los ríos Negro y Amazonas es más evidente, región que, hasta el presente, define el límite más septentrional de varias de ellas, entre las que destacan *Licania wurdackii* (Chrysobalanaceae) y las especies de palmas *Leopoldinia pulchra*, *Lepidocarium tenue* y *Mauritiella*

*aculeata*. Esta información demuestra la ausencia del elemento llanero (caribeño) en esta área, el cual ha sido utilizado para describir la composición florística en esta región de los Llanos venezolanos (Hueck, 1960; Huber y Alarcón, 1988).

## **LLANOS CENTRALES**

Los Llanos Centrales se encuentran ubicados al sur del Estado Cojedes, centro-sur de Guárico y suroeste de Anzoátegui. Se separan en Llanos Centrales altos y bajos, y fisiográficamente se dividen Llanos ondulados, ondulados con altiplanicie, Mesas, y Llanos bajos con Médanos (Morales, 1978). Las precipitaciones anuales son menores que en los Llanos Occidentales, con promedios de 700 a 1300 mm; la vegetación está constituida por grandes extensiones de sabanas, matorrales, morichales, bosques brevidecíduos, bosques decíduos, bosques de galería (Castillo, 1977), por grupos compactos llamados "Matas" y por individuos arbóreos dispersos en la sabana de *Trachypogon*, (Aristeguieta, 1966; San José y Fariñas, 1983; San José *et al.* 1985; Berroterán, 1985, 1988). Otro aspecto interesante que define este sector de los Llanos Venezolanos, es el conspicuo mosaico de vegetación que componen las extensas sabanas, entremezcladas con las comunidades de la "Palma Llanera" (*Copernicia tectorum*), la cual se observa sin interrupción desde El Sombrero hasta los esteros de "Camaguán".

### ***Llanos Centrales altos y bajos***

La vegetación boscosa de este sector está compuesta por bosques decíduos a brevidecíduos a lo largo de cursos de agua (bosques de galería) o sobre áreas no inundables situados en la planicie coluvio-aluvial ubicada al sur de la Serranía del Interior. La vegetación de esta región ha sido ampliamente investigada a través de los diferentes estudios realizados desde 1960 en la "Estación Biológica de Los Llanos", situada aproximadamente 12 km. al sur de Calabozo, en el Estado Guárico (Aristeguieta, 1966, 1968a, Monasterio y Sarmiento, 1976). Ambos autores describen dos tipos de comunidades boscosas; los grupos de árboles de muchos a pocos individuos, las "Matas Llaneras", las cuales están dominadas por una mezcla de especies siempreverdes y deciduas tales como el "aceite" (*Copaifera officinalis*), el "abey" (*Jacaranda obtusifolia*) y el "aceitillo" (*Connarus venezuelensis* var. *orinocensis*) y bosques brevidecíduos de mediana altura con *Cassia moschata*

(Caesalpiniaceae), *Acacia glomerosa* (Mimosaceae) y *Luehea candida* (Tiliaceae). Por otra parte, estudios integrados de vegetación, suelos y topografía utilizando el método de gradientes topo-secuenciales entre los ríos Guárico y Orituco (Montes y San José, 1995) describen dos tipos de vegetación boscosa; una comunidad sobre aluviones antiguos del río Guárico dominada por "Moriche" (*Mauritia flexuosa*), y una segunda comunidad de bosques de galería de 30 m de altura, sobre aluviones recientes del río Orituco con presencia de *Cassia moschata* (Caesalpiniaceae), *Copaifera pubiflora* (Caesalpiniaceae), *Jaracanda obtusifolia* (Bignoniaceae) y *Licania pyrifolia* (Chrysobalanaceae). Estudios sobre diversidad vegetal en el mismo sector utilizando el método de 0,10 ha y 2,5 cm de diámetro, da como resultado entre 59 y 69 especies, 40% de las especies pertenecían a las familias Leguminosae (*sensu lato*), Rubiaceae, Cappariaceae, Bignoniaceae y Flacourtiaceae (Gentry, 1995). Al sur del "El Sombrero", Berroterán (1998) registró bosques densos dominados por *Bourreria cumanensis* (Boraginaceae) y *Caesalpinia mollis* (Caesalpiniaceae) sobre suelos con horizontes superficiales con alto contenidos de Ca y Mg intercambiable. Otros bosques de esta región, son los situados sobre terrazas aluviales del río Pao al norte del "El Baúl", los cuales tienen alturas entre 10-20, con la presencia de especies de brevideciduas de: *Sterculia apetala*, *Cassia grandis*, *Piptadenia robusta* y *Enterolobium cyclocarpum* (Ortiz, 1990).

Otro tipo de vegetación leñosa presente en los altos Llanos Centrales es el "Morichal" (Tamayo, 1956, Blydenstein, 1962, 1963; Delascio, 1990), extensas comunidades dominadas por *Mauritia flexuosa* existen en los alrededores de Calabozo y en la vía a Cazorla. Es importante mencionar que es la región de los altos Llanos Centrales (norte de El Baúl-Hato "Piñero") el límite más septentrional de los Morichales (Delascio y López, 1995).

El sector de los Llanos Centrales bajos está ubicados al sur de Calabozo hasta las planicies de inundación del río Orinoco al sur del Estado Guárico. Esta área presenta condiciones físicas naturales muy diferentes, en virtud que la región posee suelos ubicados sobre "Mesas", de texturas gruesa, bien drenados y también presenta suelos de carácter orgánico en los Morichales (Mogollón y Comerma, 1994). Al contrario de los Llanos altos, la vegetación boscosa de los Llanos bajos ha sido muy poca estudiada, sin embargo, este sector esta dominado por extensos Morichales (Aristeguieta, 1968b; González, 1987; Montes et al. 1987), bosques de Galería en los principales ríos que drenan al Orinoco situados en valles y vegas (Montes *et al.*, 1987; Berroterán, 1988;

Ponce *et al.*, 1994) y por amplia gama de bosques inundables de la margen izquierda del río Orinoco (Colonnello, 1990). Ponce *et al.* (1994) describen dos tipos de bosques "siempreverdes" sobre valles, de 16-18 m de altura, con dos a tres estratos, los bosques situados en las napa de desborde de la vegas y los bosques situados en las depresiones. Montes *et al.* (1987) describen bosques de galería en la planicie de desorde y deltaica del río Guariquito con presencia de *Spondias mombin* (Anacardiaceae), *Pterocarpus acapulcensis* (Fabaceae) y *Lecythis ollearia* (Lecythidaceae) y dos interesantes comunidades de sabanas arboradas sobre las planicies de explayamiento, los "Congriales" dominados por *Acosmium nitens* (Fabaceae) y los "Saladillales" dominados por *Caraipa savanarum* (Clusiaceae).

## LLANOS ORIENTALES

Los Llanos Orientales están separados de los Centrales por las cuencas de los ríos Manapire y Unare. Básicamente estos llanos están constituidos por la depresión de Unare, los sistemas de planicies y altiplanicies del centro-norte del Estado Anzoátegui, por la planicie cenagosa noreste del Estado Monagas y las llanuras coluvio-aluviales del sudeste de Anzoátegui y centro-norte de Monagas, hasta el gran valle aluvial de desborde de la margen izquierda del río Orinoco al sur de Anzoátegui y Monagas en límites con el Delta. El paisaje dominante es el de altiplanicie, las cuales se conocen en la región con el nombre de "Mesas". Las "Mesas" se encuentran separadas entre sí por sistemas de valles internos ("vegas" y "terrazas") formando farallones o una serie de glacís coluviales. Los suelos son arenosos, profundos con baja retención de humedad y de muy pobre fertilidad natural, condiciones que determinan que las "Mesas" estén cubiertas por grandes extensiones de sabanas (Pittier, 1942; González, 1987). Por la características edafológicas mencionadas, la vegetación boscosa en los Llanos Orientales está condicionada a bosques y morichales situados en las terrazas y vegas de los valles por donde corren los principales ríos de la región y por los extensos bosques de rebalse a lo largo del río Orinoco. González (1987), basándose en la fisionomía y composición florística, diferencia dos tipos de comunidades boscosas para la región, los bosques siempreverdes sobre terrazas en suelos bien drenados, dominados por el "Currucay" (*Protium heptaphyllum*) y el "Patillo" (*Tapirira guianensis*) y los Morichales, presentes en las vegas inundables, dominados por individuos de *Mauritia flexuosa*, acompañados por otros elementos arbóreos (*Virola surinamensis*, *Symphonia globulifera*, entre otros) que constituyen un dosel

relativamente continuo entre 15-25 m de altura, en ocasiones muy denso e irregular (Bevilacqua y González, 1994.).

También el sector de las Mesas Orientales posee una variedad de bosques decíduos y brevidecíduos de baja a mediana altura, algunas veces mezclados con matorrales. Ejemplos de algunas de estas comunidades se localizan al NNO de Maturín con presencia de *Duguetia lucida* (Annonaceae), *Casearia zizyphoides* (Flacourtiaceae) y *Albizia niopoides* var. *niopoides* (Mimosaceae). Al norte de Jusepín existen bosques con una interesante composición florística, estas comunidades están dominadas por los “Clavellinos” (*Calliandra cruegeri* y *C. laxa* var. *laxa*-Mimosaceae), mezclados con otras especies como el “Mahomo negro” (*Lonchocarpus hedyosmus*-Fabaceae), el “Cruceto Real” (*Strychnos fendleri*-Loganiaceae), el “Trompillo” (*Pradosia caracasana*-Sapotaceae), el “Limóncillo” (*Ximeria americana*-Olacaceae) y el “Paneque blanco” (*Zanthoxylum syncarpum*-Rutaceae). Al SSE de Maturín, en el antiguo lecho del río Guanipa, se encuentran bosques brevidecíduos dominados por el “Mulato” (*Mimosa schomburgkii*-Mimosaceae), y algunas especies siembreverdes tales como: *Guarea guidonia* (Meliaceae) y *Rollinia exsucca* (Annonaceae).

El sector de la cuenca del río Unare ha sido muy poco estudiado florísticamente, sin embargo, de acuerdo con Huber y Alarcón (1988), la vegetación boscosa de esta región está constituida por un mosaico de bosques de baja altura y matorrales decíduos con presencia de *Bourreria cumanensis*, *Tabebuia* spp. y *Chloroleucon* spp..

Al este del Estado Monagas, en la planicie cenagosa del río Guarapiche los bosques se tornan siempreverdes y llegan a alcanzar alturas entre 25-30 m. Estos bosques situados en la Reserva Forestal “Guarapiche” están dominados por majestuosos árboles de “Apamate” (*Tabebuia rosea*) y “Jabillo” (*Hura crepitans*). Otras especies arbóreas comunes en esta regiones son: *Caraipa richardiana* (Clusiaceae), *Swartzia pinnata* (Fabaceae), *Tovomita umbellata* (Clusiaceae), *Crudia glaberrima* (Caesalpiniaceae), *Manilkara bidentata* (Sapotaceae), *Anaxagorea acuminata* (Annonaceae) y *Chaetocarpus schomburgkianus* (Euphorbiaceae).

Hacia el valle aluvial del río Orinoco se encuentra un mosaico de bosques de 2-3 estratos, de tipo Várzea (Colonnello *et al.* 1986, Colonnello, 1990) y en

otros casos se conjugan asociaciones vegetales de tipo Igapó, las cuales están condicionadas por factores como mezcla de agua, sedimentación diferencial y nutrientes (Rosales, 1988). Entre los bosque de rebalse sobre aguas blancas (Várzea) más característicos se encuentran "Los Caramacatales", los cuales forman comunidades dominadas por el "Caramate negro" (*Piranhea trifoliata*-Euphorbiaceae), el "Caramacate blanco" (*Homalium racemosum*-Flacoutiaceae) y el "Chaparro de Agua" (*Symmeria paniculata*). Otros tipos de bosque situados en el contacto de la formación Mesa con el complejo orillar del río Orinoco han sido descritos por Colonnello *et al.* (1986) como asociaciones deciduas de arbustal-bosque, dominados por *Piptadenia oblicua* (Mimosaceae) y *Strychnos fendleri* (Loganiaceae) y bosques de Várzea en la llanura de anegamiento con alturas de 16-18 m y presencia de *Macrolobium acaciaefolium* (Caesalpinaceae) y *Couepia paraensis* (Chrysobalanaceae).

## CONSIDERACIONES FINALES

La información florística disponible actualmente hace posible la formulación de posibles relaciones fitogeográficas de la vegetación de los diferentes bosques llaneros. Un análisis muy general sobre la composición florística de estas comunidades, pone en evidencia la dominancia de los elementos de la flora Caribeña-Llanera, mezclados con elementos autóctonos ("endémicos"), elementos amazónicos, de las regiones secas del S-E de Brasil, sur de Bolivia y sur de Paraguay, y de sectores macrotérmicos de la Guayana, principalmente de la provincia Imataca (Steyermark 1968, 1982; Prance 1974; 1982; Mori 1991; Huber 1994).

El elemento Llanero-Caribeño está muy bien representado en todos los sectores que componen el Llano, innumerables son las especies que crecen en la región que pertenecen a esta provincia fitogeográfica, algunos ejemplos importantes son: *Pithecellobium unguis-cati*, *Calliandra laxa* var. *laxa*, *Samanea saman*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Beurreria cumanensis*, *Arrabidaea mollissima*, *Pachira quinata*, *Melicoccus bijugatus*, *Adelia triloba*, *Acacia hayesii*, *Machaerium biovolatum*, *Myrospermum frutescens*, *Pterocarpus acapulcensis*, *Guettarda divaricata* y *Pradosia caracasana*. Por otra parte, la presencia del elemento de la flora llanera también está presente en la región de la Guayana venezolana, lo cual fue previamente registrado por Boon (1990) y Aymard *et al.* (1997), para la región de "Los Pijiguaos" y área de la represa de Guri respectivamente.



Los elementos macrotérmicos de las tierras bajas de la Guayana, específicamente de la provincia florística Imataca, están presentes en el sector este de los Llanos Orientales. La presencia de las especies: *Caraipa richardiana*, *Manilkara bidentata*, *Doliocarpus brevidentatus* subsp. *brevidentatus*, *Conceveiba guianensis*, *Chaetocarpus schomburgkianus*, *Crudia glaberrima*, *Trichilia schomburgkii* y *Diospyros ierensis* permiten afirmar esta observación.

Por otra parte, el elemento Amazónico está bien representado en la región, la presencia de especies de la cuenca de los ríos Negro y Amazonas es más evidente en los bosques de galería del caño "La Pica" y el Río Juriepe y Cinaruco del Estado Apure, región en la cual se ha recolectado especímenes botánicos: *Macrosamanea discolor* var. *discolor* (Mimosaceae), *Eschweilera subglandulosa*, *E. tenuifolia* (Lecythidaceae), *Laetia suaveolens* (Flacourtiaceae), *Mabea schomburgkii* (Euphorbiaceae), *Ixora acuminatissima* (Rubiaceae), *Pouteria elegans* (Sapotaceae), y las lauráceas *Endlicheria rubriflora* y *Ocotea sanariapensis*. Esta región hasta el presente define el límite más septentrional de *Licania wurdackii*, *Leopoldinia pulchra*, *Mauritiella aculeata* y *Lepydocarium tenue*, la presencia de esta última especie nunca registrada fuera de la Amazonía y Guyana (Henderson et al. 1995; Henderson, 1997). La presencia de estas especies de bosques siempreverdes está acorde con resultados de estudios recientes (Meave et al., 1991; Meave y Kellman, 1996), los cuales ubican a los bosques de galería de las actuales regiones de bosques decíduos como los lugares de supervivencia de especies perennifolias (debido a la reducción de los bosques húmedos) durante periodos de extrema sequía del Pleistoceno-Holoceno en la región Llanera, tal como lo soportan evidencias palinológicas recientes (Behling y Hooghiemstra, 1998).

Otro interesante patrón de distribución fitogeográfica observado en la región, fue la presencia de especies con discontinuos ámbitos de distribución geográfica, entre, SE de Brasil y el Gran Chaco con el centro-norte de Sudamérica (Colombia, Venezuela) y el Caribe. Observaciones iniciales sobre este patrón de distribución se encuentran en Sarmiento (1975) y Gentry (1982ab). Prado y Gibbs (1993), sugieren que una posible explicación de esta disyunción, se deba a que en la última glaciación (18.000-12.000 años), Sudamérica experimentó un clima muy seco y frío, al centro-este (A'b Sáber 1982), y al norte del continente (Salgado-Labouriau 1980; Schubert y Fritz, 1994). Esta situación, generó una "contracción" de los bosques húmedos del

centro del continente, permitiendo la expansión de los bosques semidecídus y decídus hacia NW. Por lo tanto, este patrón de discontinuidad que presentan muchas especies (Prado y Gibbs, 1993) entre estas dos regiones, quizás sea el producto del remanente de los "bosques decídus del pleistoceno", los cuales perdieron su continuidad, cuando las condiciones climáticas fueron más favorables (8.000 años hasta el presente). Ejemplos de esta posible flora pleistocénica remanente en el área de los Llanos son los géneros *Myrocarpus* (*M. venezuelensis*), *Lorostelma* (*L. venezuelanum*) y las especies *Aspidosperma cuspa*, *Platypodium elegans*, *Geoffroea spinosa*, *Coutarea hexandra*, *Apuleia leiocarpa* var. *mollaris* y *Fissicalyx fendleri*.

Los niveles de endemismos en la región de los Llanos son relativamente bajos, probablemente esto es debido a que el gran geosinclinal ubicado entre el Escudo Guayanés y las Codilleras de la Costa, de los Andes Venezolanos y Oriental de Colombia, quedó expuesta a la colonización vegetal a finales del Plioceno, por lo que es de suponer que la aparición y establecimiento de comunidades boscosas es un fenómeno muy reciente que no ha permitido que los procesos de especialización y formación de elementos autóctonos se consoliden a gran escala en la región. Huber *et al* (1998) registran ocho especies de sabana como elementos "endémicos llaneros". Otras especies "endémicas" de los Llanos se encuentran en las Reservas Forestales, en esta categoría están *Mouriri barinensis*, *Lorostelma venezuelensis* (Caparo, Ticoporo) y *Forsteronia apurensis* y *Myrocarpus venezuelensis* (San Camilo). Otras especies endémicas de la región de los Llanos y centro del país son: *Lecythis ollearia*, *Porcelia venezuelensis*, *Simira lezamae*, *Duguetia riberensis*, *Zanthoxylum syncarpum*, *Pachecoa venezuelensis*, *Caesalpinia granadillo* y *Coccoloba portuguesana*, estas especies representan un grupo de plantas que hasta el presente solo se conocen en el área de estudio y regiones adyacentes con hábitats similares (Llanos Orientales Colombianos). Probablemente futuras exploraciones botánicas amplíen su ámbito de distribución geográfica, tal es el caso de *Inga interrupta* (Mimosaceae), que se creía endémica de los bosques de los Llanos Occidentales altos, sin embargo actualmente su distribución geográfica se extiende hasta el Departamento de Boyacá (Pennington, 1997).

Finalmente, los bosques secos tropicales están catalogados como las regiones tropicales de mayor peligro de desaparecer para finales del presente siglo (Janzen 1988ab; Ceballos y García 1995). Venezuela no escapa a esta realidad, en el pasado en esta región predominó el uso irracional de sus recursos

naturales, explotaciones que en la gran mayoría de los casos se realizaron al margen del ordenamiento legal, quizás debido a los escasos mecanismos de control y seguimiento y por la falta de voluntad de implementación de modelos de uso sustentable.

Actualmente, son muy escasas las grandes extensiones de bosques en la región de los Llanos venezolanos. En el sector de los Llanos Occidentales y Centrales, los bosques han venido desapareciendo rápidamente a causa de de explotaciones madereras desordenadas, asociadas a procesos de invasión, quema y destrucción total para fines agropecuarios. Esta última actividad de destrucción en nuestro país goza de incentivos fiscales, debido a que la Reforma Agraria apoyó el desarrollo de actividades agropecuarias en zonas deforestadas. El mejor ejemplo de esta drástica reducción de la masa boscosa es la Reserva Forestal de “Turén”, la cual fue destruida en dos décadas para dar paso a la implementación de los grandes planes agrícolas que necesitaba el país para “desarrollarse”. Las “Reservas Forestales” de Caparo, Guarapiche, San Camilo y Ticoporo, todavía poseen las áreas de bosques decídúos-brevidecídúos y siempreverdes más importantes al norte país (aprox. 300.000 ha). La explotación desmedida de los recursos ha generado la amenaza de extinción de elementos importantes de flora y fauna, por lo que se recomienda realizar más exploraciones botánicas y estudios básicos de estructura de los bosques, con la finalidad de obtener mayor información (para así poder relacionar mejor su flora con las de otras áreas de interés científico), para preservar áreas representativas de estas comunidades vegetales y de sus recursos genéticos.

## **AGRADECIMIENTO**

El autor desea agradecer a N. L. Muñoz-Oráa (UNELLEZ-Guanare), R. Schargel (UNELLEZ-Guanare), G. Colonnello (Fundación La Salle), J. L. Berroterán (UCV), R. Montes (USB), P. J. Urrióla (UNELLEZ-Guanare) y V. González (UCV) por los comentarios y correcciones al manuscrito. Al Dr. V. González, quien gentilmente invitó al autor a un viaje de exploración botánica a los bosques de los Llanos Orientales durante el mes de Mayo-1990.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ab'Saber, A. N. 1982. The paleoclimate and paleoecology of Brazilian Amazonia. In: Biological Diversification in the Tropics. Prance, G.T. (ed.) pp. 245-254. Columbia University Press, New York.
- Arcaya, P. M. 1916. Narración del primer viaje de N. von Ferdermann a Venezuela. Caracas. 100 pp. (Traducción al Español)
- Arends, E., J. R. Guevara y O. Carrero. 1993. Características de la vegetación de la unidad experimental de la Reserva Forestal de Caparo. Cuadernos Comodato ULA-MARNR 21:43-58.
- Aristeguieta, L. 1968a. El Bosque caducifolio seco de los llanos altos centrales. Bol. Soc. Cienc. Nat. 27(113-114):395-438.
- \_\_\_\_\_. 1968b. Consideraciones sobre la Flora de los Morichales Llaneros al Norte del Orinoco. Acta Bot. Venez. 3(1-4):3-22.
- \_\_\_\_\_. 1966. Flórlula de la Estación Biológica de los Llanos. Bol. Soc. Cienc. Nat. 20:337-347.
- Aymard, G., M. Norconk y W. Kinzey. 1997. Composición florística de comunidades vegetales en islas en el embalse de Guri. Río Caroní. Estado. Bolívar. Venezuela. Biollania 6 (edición especial):195-233.
- \_\_\_\_\_. y N. Cuello. 1989. Composición Florística presente en el área del futuro Parque Metropolitano "Los Cospes. Dtto. Guanare. Edo. Portuguesa. Venezuela. Boletín. Técnico del Programa R. N. R. N° (9)15:220-279. UNELLEZ. Venezuela.
- \_\_\_\_\_. Estructura y composición florística de bosques del Piedemonte de los Estados Barinas y Portuguesa, Venezuela (en preparación).
- Beard, J. S. 1955. The classification of tropical American vegetation types. Ecology 36:89-100.
- \_\_\_\_\_. 1946. Los climas de vegetación en la América tropical. Rev. Fac. Nal. de Agronomía (Medellín) 6(23): 225-293.

- Behling, H. y H. Hooghiemstra. 1998. Late Quaternary palaeoecology and palaeoecology from pollen records of the savannas of Llanos Orientales in Colombia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology y Palaeoecology* 139(3-4):251-267.
- Berroterán, J. L. 1998. Relationships between floristic composition physiognomy, biodiversity, and soils of the ecological systems of the Central high Llanos of Venezuela. In: *Forest Biodiversity in North, Central and South America, and The Caribbean (Research and Monitoring)*. (F. Dallmeier y J. A. Comiskey eds.) *Man and the Biosphere Series Vol. 21, Chapter 24*:481-494.
- \_\_\_\_\_. 1988. Paisajes ecológicos de sabanas en Llanos Altos Centrales de Venezuela. *Ecotropicos* 1(2):92-108.
- \_\_\_\_\_. 1985. Geomorfología de un área de Llanos bajos centrales Venezolanos. *Bol. Soc. Cienc. Nat.* 40(143):31-77.
- Bevilacqua, M. y V. González. 1994. Consecuencias de derrames de petróleo y acción del fuego sobre la fisionomía y composición florística de una comunidad de Morichal. *Ecotropicos* 7(2):23-34.
- Blydenstein, J. 1962. La vegetación de la Estación Biológica de los Llanos. *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.* 22(100):208-214.
- \_\_\_\_\_. 1963. La sabana de *Trachypogon* del alto Llano. Estudio ecológico de la región de Calabozo, Estado Guárico. *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.* 23(102):139-206.
- \_\_\_\_\_. 1967. Tropical savana vegetation of the Llanos of Colombia. *Ecology* 48:1-15.
- Boom, B. M. 1990. Flora and vegetation of the Guayana-Llanos ecotone in Estado Bolívar, Venezuela. *Mem. New York Bot. Garden* 64:254-278.
- Castillo, A. 1977. Estudio de una sección de bosque de galería del Río Orituco al sur de los Llanos de Calabozo. Tesis de Lic. Escuela de Biología, UCV. 116 pp.
- Castroviejo, S. y G. López. 1985. Estudio y descripción de las comunidades vegetales del "Hato El Frío" los Llanos de Venezuela. *Memoria Soc. Cien. Nat. La Salle* 45(124):79-151.
- Ceballos, G. y A. García. 1995. Conserving Neotropical Biodiversity: The role of dry forest in Western Mexico. *Conservation Biology* 9:1349-1353.

- Codazzi, A. 1841. Resumen de la Geografía de Venezuela. Imp. H. Fournier y Cía. París. 651 pp.
- Colonnello, G. 1990. Elementos fisiográficos y ecológicos de la cuenca del Río Orinoco y sus rebalses. *Interciencia* 15(6):476-485.
- \_\_\_\_\_. S. Castroviejo y G. Lopéz. 1986. Comunidades vegetales asociadas al Río Orinoco en el sur de Monagas y Anzoátegui (Venezuela). *Memoria Soc. Cien. Nat. La Salle* 46(125-126):127-165..
- Condit, R. 1996. Defining and mapping vegetation types in mega-diverse tropical forests. *Tree* 11: 4-5.
- Cortéz-Lombana, A. 1981. Capacidad de uso actual y futuro de las tierras de la Orinoquía Colombiana. Un enfoque ecológico. *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.* 139:427-448.
- Cuello, N., G. Aymard y B. Stergios. 1989. Observaciones sobre la vegetación de un sector de la cuenca media del Río Portuguesa. Edo. Portuguesa. Venezuela. *Biollania* 6:163-193.
- Davis, S. D., V. H. Heywood, O. Herrera-MacBride, J. Villa-Lobos y A. C. Hamilton (eds.). 1997. *Centres of Plant Diversity, Vol. 3: The Americas*. Information Press. Oxford. 562 pp.
- Delascio, F., y R. López. 1995. Las palmas del Estado Cojedes, Venezuela. *Acta Bot. Venez.* 18(1-2):104-135.
- \_\_\_\_\_. 1990. Contribución al conocimiento florístico de los Morichales del Estado Guárico, Venezuela: Morichal Redondo, Hato Becerra. *Acta Bot. Venez.* 16(1):27-34.
- Ewel, J.J., A. Madriz y J.A. Tosi, Jr. 1976. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. 2ª edición. MAC-FONAIAP, Caracas. 265 pp.
- Finol, H. 1980. Estructura y composición de los principales tipos de selvas venezolanas. ULA-Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Silvicultura, Mérida. 33 pp.
- \_\_\_\_\_. 1976. Estudio fitosociológico de las unidades 2 y 3 de la Reserva Forestal de Caparo, Estado Barinas. *Acta Bot. Venez.* 11 (1/4):17-103.

- \_\_\_\_\_. 1971. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Rev. Forest. Venez.* 21:29–42.
- \_\_\_\_\_. 1969. Posibilidades de manejo silvicultural para las Reservas Forestales de la región Occidental. *Rev. Forest. Venez.* 12(17): 81-107
- \_\_\_\_\_. 1964. Estudio silvicultural de algunas especies comerciales en el bosque Universitario “El Caimital”, Edo. Barinas. *Rev. Forest. Venez.* 7(10-11):17-63.
- Gentry, A. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. In: *Seasonally Dry Tropical Forests* (S. H. Bullock, H. A. Mooney y E. Medina, eds.), pp. 146–194. Cambridge University Press, New York.
- \_\_\_\_\_. 1982a. Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the Andean orogeny? *Ann. Missouri Bot. Gard.* 69:557-593.
- \_\_\_\_\_. 1982b. Phytogeographic patterns in northwest South America and southern Central America as evidence for a Chocó refugium. In: *Biological Diversification in the Tropics*. Prance, G.T. (ed.). pp. 112-136. Columbia University Press. New York.
- González-Vale, M. A. 1945. Estudio forestal sobre los Llanos Occidentales de Venezuela. Tercera Conferencia Interamericana de Agricultura. Edit. Crisol. Caracas. 97 pp.
- González, V. 1987. Los Morichales de los Llanos Orientales ( Un enfoque Ecológico). Edic. Corpoven. Caracas. 56 pp.
- \_\_\_\_\_. 1985. Los Bosques y matorrales de la región de Mantecal (Edo. Apure). Trabajo de Ascenso. UCV. Facultad de Ciencias. Tomo I y II. 420 pp.
- Graham, A. y D. Dilcher. 1995. The cenozoic record of tropical dry forest in northern Latin America and the southern United States. In: *Seasonally Dry Tropical Forests* (S. H. Bullock, H. A. Mooney y E. Medina, eds.), pp. 124–145. Cambridge University Press, New York.
- Hase, H, y H. Fölster, 1982. Bioelement inventory of a tropical (semi-) evergreen forest on eutrophic alluvial soils, Western Llanos, Venezuela, *Acta Oecológica* 3(4):331-346.

- Henderson, A. 1997. Arecaceae. In: Flora of Venezuelan Guayana. (P. Berry et al. Eds.) Vol. 3:32-121. Missouri Botanical Garden. St. Louis
- \_\_\_\_\_, R. Bernal y G. Galeano 1995. Field guide to the palms of the Americas. Princeton University Press, Princeton, N.J. 352 pp.
- Hernández, C. y J. R. Guevara, 1994. Especies vegetales de la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo. Cuaderno Comodato ULA-MARNR 23:1-69.
- Holdridge, L.R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center, San José, Costa Rica. 206 pp.
- Huber, O., R. Duno, R. Riina, F. Stauffer, L. Pappaterra, A. Jiménez, S. Llamozas y G. Orsini. 1998. Estado actual del conocimiento de la Flora de Venezuela. Doc. Téc. de la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica. MARNR-Fundación Instituto Botánico, Caracas, 153 pp.
- \_\_\_\_\_. 1994. Recent advances in the phytogeography of the Guayana region, South America. *Mém. Soc. Biogéogr.* 4:53-63.
- \_\_\_\_\_. y C. Alarcón 1988. Mapa de vegetación de Venezuela, con base en criterios fisiográfico-florísticos. 1:2.000.000. MARNR, The Nature Conservancy, Caracas.
- Hueck, K. 1978. Los bosques de Sudamérica: Ecología, composición e importancia económica. GTZ, Eschborn (Alemania Federal). 476 pp.
- \_\_\_\_\_. 1960. Mapa de vegetación de la República de Venezuela. *Bol. IFLA* 7: 1-16. Mapa 1:200.000.
- \_\_\_\_\_. 1959. Bosques secos de la zona tropical y subtropical de la América del Sur. *Bol. IFLA* 4: 1-49.
- Humboldt, A. von. 1818-19. Personal Narrative of Travels to the Equinoctial Regions of the New Continent, during the years 1799-1804. Translated by H. M. Williams. London: H. G. Bohn Brothers Press. 230 pp.
- Jahn, A. 1921. Esbozo de las formaciones geológicas de Venezuela. Litografía del Comercio. Caracas. 234 pp.



- Janzen, D. H. 1988a. Tropical dry forests: The most endangered major Tropical Ecosystem. pp. 130-138. In: Biodiversity. E.O. Wilson y F. M. Peter (eds.) National Acad. Press.
- \_\_\_\_\_. 1988b. Management of habitat fragments in a tropical dry forest: Growth. *Ann Missouri Bot. Gard.* 75:105- 116.
- Lamprecht, H. 1964. Ensayo sobre la estructura florística de la parte sur-oriental del bosque universitario "El Caimital", Estado Barinas. *Rev. Forest. Venez.* 7:77-120.
- \_\_\_\_\_. 1992. Ensayo sobre unos métodos para el análisis estructural de los bosques tropicales. *Acta Cient. Venez.* 2:57-65.
- \_\_\_\_\_. 1957. Sobre unos resultados de estudios estructurales en varios tipos de bosques venezolanos. *Universitas Emeritensis* 4:23-34.
- Lasser, T. 1969. Origen de las formaciones vegetales de nuestros Llanos. *Acta Bot. Venezuelica* 4:23-52.
- Malagón, D. y G. Ochoa. 1980. Caracterización mineralógica, micromorfológica y de génesis de suelos en las planicies cuaternarias de la región sur de San Fernando de Apure, Edo. Apure, Venezuela. CIDIAT, Mérida, Venezuela, 153 pp.
- MARNR. 1985. Atlas de la vegetación de Venezuela. MARNR. Dirección de Vegetación, Caracas. 109 pp. Recopilador E. Ara.
- Meave, J. y M. Kellman. 1996. Maintenance of rain forest diversity in riparian forests of tropical savannas: implications for species conservation during Pleistocene drought. *Jour. of Biogeography* 21:121-135.
- \_\_\_\_\_, M. Kellman, A. McDougall y J. Rosales. 1991. Riparian habitats as tropical forest refugia. *Global Ecol. Biogeogr.* 1:69-76.
- Mogollón, L. F. y J. Comerma. 1994. Suelos de Venezuela. Palmaven. Edit. Ex Libris. Caracas. 313 pp.
- Monasterio, M. y G. Sarmiento. 1976. Phenological strategies of plant species in the tropical savanna and the semi-deciduos forerst of the Venezuelan Llanos. *Journal Of Biogeography* 3:325-356.

- Montes, R. y J. San José. 1995. Vegetation and soil analysis of topo-sequences in the Orinoco Llanos. *Flora* 190:1-33.
- \_\_\_\_\_, M. Sebastiani, F. Delascio, J. Arismendi y I. Mesa. 1987. Paisajes-Vegetación e Hidrografía del Parque Nacional "Aguaro-Guariquito" Estado Apure. *Bol. Soc. Ven. Cien. Nat.* 61(144):73-112.
- Morales, F. 1978. El Alto Llano, estudio de su geografía física. Facultad de Humanidades y Educación, Instituto de Geografía Regional. UCV. 185 pp.
- Mori, S. A. 1991. The Guayana lowland floristic province. *C.R. Soc. Biogéogr.* 67(2):67-75.
- Ortíz, R. 1990. Fenología de árboles en un bosque semidecídúo tropical del Estado Cojedes. *Acta Bot. Venez.* 16(1):93-116.
- Pennington, T. D. 1997. The genus *Inga* (Botany). The Royal Botanic Gardens, Kew, 800 pp.
- Petit, P. M. 1969. Resultados preliminares de unos estudios sobre regeneración natural espontánea en el Bosque "El Caimital". *Rev. Forest. Venez.* 18:9-21.
- Pittier, H. 1948. Trabajos Escogidos. MAC-Caracas. Imp. López, Buenos Aires, 246 pp.
- \_\_\_\_\_. 1942. La Mesa de Guanipa, ensayo de fitogeografía. Tip. Garrido, Caracas. 57 pp.
- \_\_\_\_\_. 1937. Clasificación de los Bosques. *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.* 4(30):93-110.
- \_\_\_\_\_. 1920. Esbozo de las formaciones vegetales de Venezuela con una breve reseña de los productos naturales y agrícolas. Caracas. Lit. del Comercio, Caracas, 44 pp. 1 mapa.
- Ponce, M. E., V. González, J. Brandín y M. Ponce. 1994. Análisis de la vegetación asociada a una toposecuencia en los Llanos Centro-Orientales de Venezuela. *Ecotropicos* 7(2):11-22.
- Prado, D. E. y P. E Gibbs. 1993. Patterns of species distribution in the dry seasonal forests of South America. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 80:902-927.

- Prance, G. T. 1974. Phytogeographic support for the theory of Pleistocene Forest refuges in the Amazon Basin, based on evidence from distribution patterns in Caryocaraceae, Dichapetalaceae and Lecythidaceae. *Acta Amaz.* 3(3):5-28.
- Ramírez, H., A. Torres-Lezama y M. Acevedo. 1997. Simulación de la dinámica de grupos de especies vegetales en un bosque de los Llanos Occidentales venezolanos. *Ecotropicos* 10:9-20.
- Redmond, E. M. y C. S. Spencer. 1994. Pre-Columbian Chiefdoms. *National Geographic Research y Exploration* 10(4):422-439.
- Rengel, L., Ortega, F. y G. Aymard. 1983. Dinámica de las variaciones de la cobertura vegetal y la erosión en el piedemonte de Guanare. Vice-Rectorado de Producción Agrícola. Boletín Técnico Programa R.N.R. (UNELLEZ-Guanare) 8:1-94.
- Rosales, J. 1988. Análisis florístico estructural y algunas relaciones ecológicas en un bosque inundado en la boca del río Mapire, Estado Anzoátegui. Tesis MSc. IVIC. Caracas, 235 pp.
- Salgado-Labouriau, M.L. 1980. A pollen diagram of the Pleistocene-Holocene of Lake Valencia, Venezuela. *Review of Palaeobotany and Palynology* 30:297-312.
- Sánchez, J. M. 1960. Aspectos Meteorológicos del Llano. *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.* 21(97):323-350.
- San José, J. y R. Montes. 1989. Evaluación de la productividad regional: las sabanas de *Trachypogon* de los Llanos del Orinoco. *La Naturaleza y sus Recursos* (No. Esp.):5-18.
- \_\_\_\_\_, R. Montes, J. García-Miragaya y B. Orihuela. 1985. Bio-production of *Trachypogon* savannas in a latitudinal cross-section of the Orinoco Llanos, Venezuela. *Acta Oecologica* 6:25-43.
- \_\_\_\_\_, y M. Fariñas. 1983. Changes in tree density and species composition in a protected *Trachypogon* savanna, Venezuela *Ecology* 64:447-453.
- \_\_\_\_\_, M. Fariñas y R. Rabinovich. 1978. Análisis cuantitativo de la vegetación arbórea de la Estación Biológica de los Llanos. I. Mapas de disposición, frecuencia y densidad. *Bol. Soc. Ve. Cienc. Nat.* 135:5-147.

- Sarmiento, G. 1975. The dry plant formations of South America and their floristic connections. *J. Biogeogr.* 2:233-251.
- \_\_\_\_\_, M. Monasterio y J. Silva. 1971. Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales: I. Las unidades ecológicas II. El norte del Estado Barinas. *Acta Cient. Venezolana* 22:52-71.
- Schargel, R. y G. Aymard. 1993. Observaciones sobre suelos y vegetación en la llanura Eólica Limosa entre los Ríos Capanaparo y Riecito, Estado Apure, Venezuela. *BioLlania* 9:119-147.
- Schubert, C. y P. Fritz. 1994. Late Quaternary paleoenvironmental studies in the Gran Sabana (Venezuelan Guayana Shield). *Quaternary International* 21:81-90.
- Smith, R. 1972. La vegetación actual de la región centro Occidental: Falcón, Lara, Portuguesa y Yaracuy de Venezuela, un resumen ecológico de acuerdo a la fotointerpretación. *Bol. IFLA* 39-40:3-44. Mapa de vegetación 1:400.000.
- Sobrevilla, P. 1982. Consideración del sotobosque en la metodología de tipificación del bosque en la Reserva Forestal de Caparo, Edo. Barinas. UCV. Facultad de Ciencias, Tesis Lic. Biología. 201 pp.
- Stergios, B., J. Comiskey, F. Dallmeier, A. Licata y M. Niño. 1998. Species diversity, spatial distribution and structural aspects of semi-deciduous lowland gallery forests in the Western Llanos of Venezuela. In: *Forest Biodiversity in North, Central and South America, and The Caribbean (Research and Monitoring)*. (F. Dallmeier y J. A. Comiskey eds.) *Man and the Biosphere Series Vol. 21*, Chapter 23:449-479.
- \_\_\_\_\_. 1996. Contributions to South American Casalpiniaceae. II. A taxonomic update of *Campsiandra* (Caesalpiniaceae). *Novon* 6:434-459.
- \_\_\_\_\_. 1993. La etnobotánica del árbol "chiga" (*Campsiandra*, Caesalpiniaceae) en la región llanera de la cuenca del medio Río Orinoco en el suroeste de Venezuela. *BioLlania* 9:71-90.
- \_\_\_\_\_. 1984. Flora de la Mesa de Cavacas. I Introducción. *Biollania* 1:1-24.
- \_\_\_\_\_. Estructura y composición florística de bosques de Galería en los Llanos Occidentales Altos y Bajos, Estados Portuguesa y Apure, Venezuela. (en preparación).

Steyermark, J.A. 1982. Relationships of some Venezuelan forest refuges with lowland tropical floras. In: Biological diversification in the Tropics (G.T. Prance, ed.), pp. 182–220. Columbia University Press, New York.

\_\_\_\_\_. 1979. Plant refuge and dispersal centres in Venezuela: their relict and endemic element. In: Tropical Botany (K. Larsen y L. B. Holm-Nielsen, eds.), pp. 185–238. Academic Press, New York.

\_\_\_\_\_. 1978. Future outlook for threatened and endangered species in Venezuela. In: Extinction is forever (G.T. Prance y T. Elias, eds.), pp. 128–135. New York Botanical Garden, New York.

\_\_\_\_\_. 1968. Contribuciones a la flora de la Sierra de Imataca, Altiplanicie de Nuria y región adyacente del Territorio Federal Delta Amacuro. Acta Bot. Venez. 3(1):46-166.

Tamayo, F. 1972. Los Llanos de Venezuela. Monte Avila Edit. Caracas. 241 pp.

\_\_\_\_\_. 1956. Contribución al estudio de la Flora Llanera, Estado Guárico. Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat. 17(85):105-134.

Takhtajan, A. 1986. Floristic regions of the world. Univ. California press. Berkeley, 522 pp.

Veillon, J. P. 1997. Los bosques naturales de Venezuela. Parte III. Los bosques tropófitos o veraneros de la zona de vida de Bosque Seco Tropical. ULA-Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, IFLA, Mérida. 127 pp.

\_\_\_\_\_. 1989. Los bosques naturales de Venezuela. Parte I. El medio ambiente. ULA-Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Silvicultura, Mérida. 118 pp.

\_\_\_\_\_. 1986. Especies forestales autóctonas de los bosques de Venezuela. Publicación especial del IFLA. Mérida, Venezuela. 200 pp.

\_\_\_\_\_. 1985. El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relación con los parámetros del medio ambiente. Rev. Forest. Venez. 29:5-122.

\_\_\_\_\_. 1978. Listas de especies forestales autóctonas que forman la masa forestal de algunos bosques naturales de Venezuela. Parte I. ULA-Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Silvicultura, Mérida. 35 pp.

- \_\_\_\_\_. 1976. Las deforestaciones en los Llanos Occidentales de Venezuela desde 1959 hasta 1975. In: Conservación de los bosques húmedos de Venezuela. (L. Hamilton, ed.), pp. 97-112. Sierra Club. Bienestar Rural Caracas.
- \_\_\_\_\_. 1971. Importancia económico-social de los bosques del Estado Portuguesa, Venezuela. ULA-Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Silvicultura, Mérida. 122 pp.
- \_\_\_\_\_. 1962. Relación de ciertas características de la masa forestal de los bosques de unas zonas bajas de Venezuela con el factor climático: humedad pluvial. Rev. Forest. Venez. 6-7:35-95.



---

## FAUNA DE LAS TIERRAS LLANERAS

*Antonio Utrera*

### INTRODUCCIÓN

La Fauna Silvestre presente en un determinado ámbito o región del planeta es consecuencia de múltiples y complejos factores ambientales que han actuado en el tiempo evolutivo y ecológico. La superficie cubierta por un hábitat en el pasado y en el presente, factores bióticos como la competencia, depredación y mutualismo, así como la heterogeneidad espacial y temporal, la estabilidad del sistema y la acción del hombre, son factores que en conjunto o aisladamente han moldeado las comunidades animales (Giller, 1984; Boulière, 1989).

Los Llanos de Venezuela ocupan una extensa superficie de aproximadamente 240.000 km<sup>2</sup>, biorregión que alberga una variada riqueza de Fauna, la cual será descrita de acuerdo a su composición y asociación con las grandes formaciones naturales presentes en el área de estudio. En primera instancia se han considerado dos grandes escenarios: **los hábitats abiertos (sabanas) y los hábitats forestales (bosques)**.

En Venezuela, en el pasado reciente, los hábitats de sabanas cubrían aproximadamente 75% de la superficie que abarcan los Llanos, el resto estaba cubierto por bosques semidecíduos, decíduos y de galería. Actualmente gran parte de los Llanos se encuentran fuertemente intervenidos como consecuencia de la acción adversa ejercida por la agricultura, la ganadería extensiva y la explotación de recursos forestales, actividades antrópicas consideradas como las principales causas de desaparición de especies animales y vegetales en esta bioregión (Bisbal, 1988).



## **LAS SABANAS Y SU FAUNA ASOCIADA**

De acuerdo la composición florística, textura del suelo, geomorfología y dinámica del agua superficial, las sabanas conforman asociaciones vegetales discretas, las cuales he dividido siguiendo el criterio de Ramia (1967) en Sabanas de banco-bajío-estero, Sabanas de *Paspalum fasciculatum* y Sabanas de *Trachypogon*.

### **Formas de las sabanas de banco, bajío y estero**

Las sabanas de banco-bajío-estero están localizadas principalmente en los llanos occidentales de Venezuela. Poseen una variada topografía que define el relieve en posiciones fisiográficas de bancos, bajíos y esteros, que en conjunto con el régimen de precipitación anual, el cual se extiende desde mediados del mes de abril hasta noviembre, afectan el nivel de inundación y la permanencia del agua superficial. Tales condiciones ambientales originan una gran variabilidad florística. La combinación de dichos factores inciden en la distribución y abundancia de la Fauna Silvestre, espacial y temporalmente.

A medida que la temporada seca se acentúa, disminuye la lámina de agua superficial y comienzan a desaparecer los pequeños charcos. A mediados del mes de febrero, sólo quedan con suficiente agua disponible para la Fauna algunos esteros, así como también lagunas, caños y ríos. Los esteros y lagunas se convierten en humedales que revisten una gran importancia para diversas especies. Al inicio de la temporada lluviosa, las sabanas comienzan a inundarse, miles de insectos emergen los cuales representan una valiosa y esencial fuente de alimento; anfibios, reptiles, aves y mamíferos se benefician sustancialmente con estos eventos temporales, pero predecibles.

El paisaje que caracteriza las sabanas de banco-bajío-estero presentes entre el río Apure y el río Arauca, es diferente al que predomina en los Llanos Occidentales, al norte del río Apure. Al sur de dicho río, bosques ribereños bordean ríos y caños que atraviesan amplias y abiertas sabanas. Dichos bosques junto con las Matas (relictos boscosos aislados), representan los únicos hábitats forestales disponibles para la fauna. En contraste, las sabanas al norte del río Apure se encuentran fuertemente intervenidas, como consecuencia de la agricultura, la ganadería y la extracción de madera, pero originalmente eran grandes extensiones de sabanas entremezcladas con vegetación boscosa.

## Sabanas de banco-bajío-estero, al sur del río Apure

### Lagunas, esteros y bajíos

En la temporada seca, lagunas y esteros constituyen hábitat de gran importancia para muchas especies, particularmente aquellas confinadas al medio acuático. En dichos hábitat se logran detectar ranas y sapos de las familias *Leptodactylidae*, *Pseudidae* y *Bufo* *idae*. Entre los reptiles acuáticos, debo mencionar a la baba (*Caimán crocodilus*) uno de los depredadores más poderosos, que se destaca por su abundancia. Dicha especie pertenece a la familia de los cocodrilos. Debido a su sobre-explotación y a la inminente extinción que experimentó el Caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) a mediados del siglo pasado, la piel de baba despertó un gran interés económico. A partir de 1960 se inicia un programa experimental de aprovechamiento de esta especie, donde la estrategia de manejo consistió en el sacrificio de 25% de los machos adultos. Actualmente existe una veda indefinida de dicha especie. Para ilustrar la actividad económica generada por la explotación de babas en el período reciente, debo mencionar que en la temporada 1989 se autorizó el sacrificio de aproximadamente 139.000 ejemplares, a un costo global aproximado de 400 millones de bolívares (Ferguson, 1990).

La culebra de agua o anaconda (*Eunectes murinus*), es un animal que puede llegar a medir más de 5 metros. Constituye junto con la baba, el depredador más importantes de los medios acuáticos ya referidos. Ambos suelen atrapar y consumir frecuentemente a otro reptil pariente de las tortugas y muy abundante en los esteros llaneros, el galápago (*Podocnemis voglii*), especie que puede ser observada conformando grupos, asoleándose a orillas de los cuerpos de agua, comportamiento que les permite regular su temperatura corporal.

Desde sus dormideros en la vegetación boscosa, se trasladan diariamente a esteros y lagunas en busca de alimento, una gran variedad de aves. La garza blanca (*Casmerodius albus*), la chusmita (*Egretta thula*) y la garza morena (*Ardea cocoi*) activas desde primeras horas de la mañana, se dedican a capturar pequeños peces los cuales representan su principal fuente alimentaria, aunque también consumen anfibios y reptiles de menor porte. Otras como las zamuritas (*Phimosus infuscatus*), la garza paleta (*Ajaia ajaja*) y las corocoras rojas

(*Eudocimus ruber*) con sus grandes picos consumen invertebrados que se encuentran sumergidos en el barro. El garzón soldado (*Jabiru mycteria*), el gabán huesito (*Mycteria americana*) y el gabán peonío (*Euxenura maguari*), destacan entre las aves por su gran tamaño, quienes en grupo se desplazan por las aguas someras de esteros y lagunas en busca de presas que detectan por contacto. Pequeños y gráciles playeros de los géneros *Charadrius*, *Tringa* y *Calidris*, junto la viudita patilarga (*Himantopus himantopus*) se desplazan por someros cuerpos de agua, en busca de crustáceos, insectos y otros invertebrados que conforman su dieta.

Los patos silbadores del género *Dendrocygna* (*D. bicolor*, *D. atumnalis*) conforman grupos espectacularmente abundantes. Otros como el farro-farro (*Amazonetta brasiliensis*) aunque en menor número, utilizan la vegetación aledaña de lagunas y esteros para alimentarse y nidificar. El gallito azul (*Porphyryla martinica*) y el gallito de laguna (*Jacana jacana*) especies muy llamativas por su colorido y comportamiento territorial, suelen desplazarse apoyadas en sus largos dedos, sobre las hojas entrelazadas de las plantas acuáticas. Aves rapaces como el águila pescadora (*Pandion haliaetus*), el gavilán caracolero (*Rostrhamus sociabilis*) y el gavilán galapaguero (*Busarellus nigricolis*) también obtienen su alimento en estos hábitat inundados.

De los mamíferos asociados a los cuerpos de agua, es el Chiguire (*Hydrochaeris hidrochaeris*), el típico habitante de lagunas y esteros. Es considerado el mamífero nativo de mayor porte, que se comporta como pastador de las sabanas inundables (Ojasti, 1981). Este roedor, el más grande del mundo, es social y en aquellos lugares donde está protegido, puede ser visualizado conformando agrupaciones que en algunos casos supera los 30 individuos. Sin embargo, si lo observamos cuidadosamente, el establece grupos familiares integrados por el macho, la hembra y sus crías. Varias familias conforman una manada integrada por numerosos individuos de ambos sexos y diferentes edades, los cuales se alimentan, se bañan y reposan juntos y mantienen una organización social jerárquica (Ojasti, 1973). En Venezuela y Colombia, la carne de esta especie es muy apreciada, por lo que ha sido objeto de manejo con fines comerciales en los últimos 30 años. Existe un programa de manejo conducido por el Ministerio del Ambiente, que les permite a los productores ubicados en las sabanas inundables, la obtención de permisos para la extracción, transformación y comercialización de la carne seca de Chiguire

(González-Jiménez, 1995). La cosecha autorizada está estimada con base en la producción neta anual de cada finca. Para dar una visión general de esta actividad, puedo mencionar que a finales de la década de los años 50 se explotaban aproximadamente entre 17.000 y 20.000 ejemplares. En la década de los años ochenta se sacrificaron y comercializaron entre 14.000 y 88.000 individuos anuales, disminuyendo esta cifra significativamente en los últimos años, así como también el número de permisos otorgados, con la finalidad de permitir la recuperación de las poblaciones explotadas (Ferguson, 1990).

Algunos murciélagos aprovechan la disponibilidad de alimento que le brindan las sabanas inundables. El murciélago pescador (*Noctilio leporinus*) sobrevuela en forma rasante los cuerpos de agua y con sus garras logra atrapar pequeños peces. Otros como su congénere, el *Noctilio leporinus*, tiene una dieta más amplia y no sólo consume pequeños peces, sino también insectos. El espacio aéreo es utilizado como territorio de cacería por cientos de murciélagos insectívoros de vuelo rápido, principalmente de los Géneros *Molossus* y *Eumops*, que acuden cada noche en busca de presas.

### **Bancos de sabana**

Los bancos de sabana constituyen la posición fisiográfica más alta, la que no se inunda en temporada lluviosa. Adaptados a este medio, podemos encontrar algunos reptiles, como el Mato (*Tupinambis tequixín*), lagarto que pueden alcanzar hasta 90 cm de longitud y la culebra cascabel (*Crotalus durissus*), denominada así por la maraca o cascabel ubicada en el extremo de la cola, la cual agita con mucha rapidez cuando se molesta. Aunque el alimento principal de este ofidio son pequeños ratones de campo, es un animal muy temido y respetado por su veneno. Otras serpientes (*Colubridae*), aunque inofensivas, son comunes en los bancos de sabanas.

En general, las aves utilizan los bancos de sabana como lugar de alimentación y se refugian en lugares boscosos adyacentes. Variadas especies de palomas, perdices y passeriformes (pequeñas aves), se alimentan de las semillas que las plantas herbáceas ofrecen; otras en cambio, aunque también abundantes, son estrictamente insectívoras. Los alcaravanes (*Vanellus chilensis*) con sus estridentes y continuos gritos de alarma comunican su inquietud a otros animales que ocupan la sabana. Es de hacer notar la presencia de una gran variedad de aves rapaces, que se han especializado en el consumo de presas que

ocupan la sección seca de las sabanas inundables. El halcón primito (*Falco sparverius*), el gavilán colorado (*Heterospizias meridionalis*), el águila negra (*Buteogallus uribitinga*), el halcón aplomado (*Falco femoralis*) y el gavilán maromero (*Elanus leucurus*) son auténticos representantes de este grupo. Búhos y lechuzas se encargan en la noche de ejercer similar labor. Otras especies nocturnas, como el simpático mochuelo de hoyo (*Speotyto cunicularia*) y el popular aguaitacamino (*Nyctidromus albicollis*) suelen ser muy frecuentes en estos hábitats.

De los mamíferos silvestres que frecuentan los bancos de sabana, debo mencionar al cachicamo sabanero (*Dasyopus sabanicola*), el cual utiliza como refugio cavidades subterráneas que excava utilizando sus potentes garras, preferencia de hábitat que lo limita a permanecer en sitios no inundables de la sabana. El venado caramerudo (*Odocoileus virginianus*) el cual suele ser observado solitario o en parejas y en algunos casos conformando un núcleo familiar (macho, hembra y cría), y algunos depredadores de menor porte como el zorro común (*Dusicyon thous*), son habitantes habituales de los bancos de sabana. El oso palmero (*Myrmecophaga tridacryla*) aunque se refugia en matas y bosques de galería, utiliza la sabana para alimentarse. Es una especie primariamente nocturna, pero se puede observar a tempranas horas de la mañana o al atardecer hurgando los grandes termiteros, que constituyen su principal fuente alimentaria. Los bancos y bajíos son hábitats esenciales para los pequeños ratones diurnos y nocturnos *Sigmodon alstoni* y *Zygodontomys brevicauda*, que por su abundancia conforman la base trófica, tanto para mamíferos depredadores de menor porte, como para aves rapaces.

### **Bosques de galería y matas**

Los bosques y matas constituyen hábitats que, por su diversidad estructural y adyacencia a ríos o caños, presentan condiciones ambientales y variedad de recursos exclusivos para una gran cantidad de especies estrictamente forestales, como también para otras especies que lo utilizan como refugio, lugar de alimentación o sitio para reproducirse.

De los anfibios presentes en hábitats boscosos, me referiré a la rana platanera (*Phrynohyas venulosa*), especie arborícola cuya adaptación más resaltante es la presencia de discos adhesivos en los extremos de los dedos, condición morfológica que les permite trepar. Entre los reptiles adaptados a este medio boscoso podemos mencionar a la culebra tragavenado (*Boa constrictor*),

aunque denominada así por su tamaño y fuerza, sólo es capaz de depredar animales de pequeño tamaño. La iguana (*Iguana iguana*) es un especie que por su tendencia arborícola y folívora está confinada a los bosques de galería.

Entre las aves características de los bosques de galería mencionaré a las sociables y bulliciosas guacharacas (*Ortalis ruficauda*), que pueden ser detectadas a varios kilómetros de distancia por su escandaloso canto, el cual emiten al amanecer y atardecer o como una respuesta al detectar un peligro inminente. Poco frecuente, pero asociada exclusivamente a bosques de galería poco perturbados, se encuentra el paují de copete (*Crax daubentoni*) ave de gran porte en este medio, sumamente apreciado y perseguido como ave de caza. El bosque provee el sustento para una gran cantidad de aves frugívoras de diversas especies. Es frecuente observar loros (*Amazona ochrocephala*), pericos (*Aratinga pertinax*, *Forpus passerinus*) y una significativa variedad de pequeñas aves de gran colorido y hermoso canto como turpiales (*Icterus icterus*), azulejos (*Thraupis episcopus*), cucaracheros (*Campylorhynchus griseus* y *C. nuchalis*) y muchos otros que no es posible citar.

De los mamíferos confinados a bosques de galería u otros parches de vegetación arbórea, comenzaré por mencionar a aquellos estrictamente arborícolas. Del grupo de los primates el araguato (*Alouatta seniculus*) y el mono capuchino (*Cebus olivaceus*) son especies que suelen estar presentes en dicho hábitat. El Araguato es una especie gregaria, el cual conforma agrupaciones que generalmente no supera 10 individuos (Rudran, 1979). Pueden ser detectados a grandes distancias ya que vocalizan fuertemente, actividad que realizan con el fin de demarcar su territorio. El mono capuchino también es gregario, pero los grupos pueden estar conformados hasta por 25 individuos, dependiendo de la calidad del hábitat (Robinson, 1981). Entre los mamíferos arborícolas que depende exclusivamente del bosque de galería mencionaré al rabipelado (*Didelphis marsupialis*), la pequeña comadreja (*Marmosa robinsoni*), la ágil y grácil ardilla (*Sciurus granatensis*) y el osito melero (*Tamandua tetradactyla*),

De los mamíferos, que aun cuando no son estrictamente arborícolas están fuertemente asociados a los hábitats con vegetación boscosa, debo citar a los depredadores como el jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Puma conocolor*) y el cuanaguaro (*Felis pardalis*), así como también el picure (*Dasyprocta fuliginosa*) y los báquiros (*Tayassu tajacu*) que consumen frutos y material

vegetal que sólo es capaz de suplir el bosque de galería. Los félidos han sufrido una disminución progresiva de sus poblaciones, causa por la cual están en situación vulnerable, pudiendo desaparecer de dichas áreas a mediano plazo. El jaguar y el puma han sido objeto de persecución y muerte, ya que en muchos casos e injustificadamente, los dueños de fincas infieren que la inusitada desaparición de sus animales domésticos, es causada por estos poderosos felinos (Mondolfi y Hoogsteijn, 1986; Hoogsteijn *et al.*, 1991).

Los murciélagos constituyen un grupo muy importante y diversificado, con variados tamaños, diversas tendencias tróficas y múltiples estrategias en la búsqueda de alimento. Tales condiciones les permite explotar el bosque de manera multidimensional, aspecto que describe con detalle Ibáñez (1981). Los más abundantes son aquellos que cazan insectos al vuelo (insectívoros de vuelo lento de la familia Emballonuridae), seguidos por los que capturan insectos posados en las ramas y troncos de los árboles o en el suelo (integrantes de la subfamilia Phyllostominae). Sin embargo, frugívoros, carnívoros y hematófagos también utilizan el bosque de galería como fuente de alimento y refugio.

## **Caños y ríos**

Algunos vertebrados están confinados al medio acuático debido a sus exigencias de hábitat (sitio de alimentación, reproducción y refugio) y a sus adaptaciones morfológicas y fisiológicas. El espectacular manatí (*Trichechus manatus*), la graciosa tonina o delfín de río (*Inia geoffrensis*), el simpático perro de agua (*Pteronura brasiliensis*), la espectacular tortuga arrau (*Podocnemis expansa*) y el temido caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*), son muy exigentes en cuanto a calidad de hábitat se refiere y están presentes sólo en algunos caños y ríos de la región. Dichas especies ameritan protección debido a su frágil condición poblacional. El Caimán del Orinoco ha sido objeto de manejo en Zoológicos con la finalidad de obtener suficientes individuos que permita repoblar áreas donde hace cuatro o cinco décadas este animal era abundante (Ramo, et al, 1992). Un programa que conjuga esfuerzos de instituciones nacionales y extranjeras (FUDENA-Fundación para la defensa de la Naturaleza, PROFAUNA, Sociedad Zoológica de New York y el Fondo Mundial para la Naturaleza WWF-US) ha permitido

la liberación masiva de aproximadamente 1300 individuos desde el año 1990, en caños y ríos ubicados en las sabanas de banco-bajío-estero, la mayoría de ellos en el Edo. Apure (Boede, 1998). En cuanto a la Tortuga Arrau, en el año 1994 se inició un programa que consiste en la recolección de neonatos, que después de permanecer por un año en zoocriaderos, son liberados en hábitats ideales, estrategia que permitirá incrementar las poblaciones silvestres de esta especie. Las otras tres especies aunque no están bajo programas de manejo con fines de repoblamiento, se encuentran protegidas por la normativa legal. Aun cuando no están confinadas al medio acuático por su capacidad de desplazamiento, algunas aves como el martín pescador (*Ceryle torquata*), los matraqueros (*Chloceryle amazona*) y la cotúa agujita (*Anhinga anhinga*), ictiófagos por excelencia, pueden ser observados junto a los llamativos barranqueros (*Galbula ruficauda*) a orillas de caños y ríos. Posados en ramas de árboles y arbustos, grupos de Chicucos (*Nyctinasa violacea*) y Guacos (*Nycticorax nycticorax*) aguardan la noche para iniciar su actividad.

### **Las sabanas de banco-bajío-estero al norte del río Apure**

Los Llanos Occidentales al norte del río Apure es una de las regiones que ha experimentado un fuerte impacto en los últimos 40 años. Dicha región originalmente estaba conformada por una mezcla de bosques y sabanas, donde los bosques húmedos semidecíduos, en el extremo occidental, cubrían una extensa superficie. Debido a actividades tales como la ganadería, agricultura y explotación comercial de madera, las sabanas y bosques naturales fueron intervenidos y fragmentados significativamente, a tal punto que actualmente cubren menos del 25% de la superficie original. Este paisaje que alojaba una gran riqueza de especies silvestres, fue transformado a pastizales y cultivos mecanizados, originando cambios sustanciales en la composición y estructura de las comunidades animales. Como respuesta a dichos cambios, algunas especies silvestres incrementaron sustancialmente su nivel poblacional, convirtiéndose en plagas agrícolas, como es el caso del pájaro arrocero (*Spiza americana*), los patos silbadores (*Dendrocygna spp*) y la rata arrocera (*Holochilus venezuelae*) las cuales producen fuertes pérdidas económicas en el ámbito agrícola regional.



Otras especies, que actúan como reservorios de enfermedades, al acentuarse el contacto con el hombre debido a las actividades que éste ejerce, incrementan los factores de riesgo para la población rural. Enfermedades emergentes, como la Fiebre Hemorrágica Venezolana, cuyo vector, un pequeño pero abundante ratón de campo (*Zygodontomys brevicauda*) es el responsable de transmitir la enfermedad a decenas de personas que trabajan en labores agrícolas, puede ser mortal, si no es diagnosticada a tiempo (de Manzione, *et al.*, 1998; Fulhorst, *et al.*, 1999). Sin embargo, a pesar de la alta prevalencia del virus en los roedores hospederos, el riesgo de infección para los humanos es bajo.

Los murciélagos hematófagos o vampiros (*Desmodus rotundus*), es otro mamífero silvestre que puede ocasionar graves problemas a la actividad agropecuaria, ya que actúa como principal reservorio y transmisor de la Rabia Paralítica Bovina, enfermedad que causa la muerte a miles de animales anualmente. El murciélago vampiro tolera vivir en una gran variedad de hábitats; debido a la introducción del ganado bovino hace aproximadamente 400 años, así como la alteración y transformación de los hábitats naturales, ha favorecido el incremento poblacional de dicha especie en los llanos Venezolanos (Utrera y González-Fernández, 1995).

### **Fauna de las sabanas de *Paspalum fasciculatum***

Las sabanas de *Paspalum fasciculatum* ocupan una superficie menor y están localizadas principalmente al sur del estado Cojedes, sureste de los estados Portuguesa y Barinas y noroeste del Estado Apure. Ubicadas en las áreas de desborde de grandes ríos, se caracterizan por una marcada y significativa inundabilidad estacional, suelos muy ricos en nutrientes y dominancia de *Paspalum fasciculatum*, vegetación herbácea que puede ser muy densa, con un porte mayor a 2 metros. En algunos lugares las sabanas de *Paspalum fasciculatum* están restringidas a una franja longitudinal adyacente a los grandes ríos y caños, donde se encuentra mezclada y muy asociada a los bosques ribereños, donde la fauna se caracteriza por la presencia de especies adaptadas a hábitats forestales inundables. Entre los mamíferos presentes se encuentran el pequeño y versátil ratón de campo *Zygodontomys brevicauda*, la comadreja (*Marmosa robinsoni*), el rabipelado (*Didelphis marsupialis*), el mono Araguato (*Alouatta seniculus*), el mono gris (*Cebus olivaceus*), así

como pequeños felinos y diversos murciélagos. Las aves conforman un variado componente entre las que destacan por su bullicioso canto el turpial (*Icterus icterus*), el arrendajo (*Cacicus cela*), el cucarachero (*Campylorhynchus griseus* y *C. nuchalis*), las guacharacas (*Ortalis ruficauda*), chenechenas (*Opisthocomus hoazin*) y chiricocas (*Aramides cajanea*). También debo mencionar aquellas especies que asociadas a cuerpos de agua y hábitats boscosos, destacan por su belleza, colorido o tamaño, como la garza pechicastaña (*Agamia agami*), la garza blanca (*Casmerodius albus*), la garza silbadora (*Syrigma sibilatrix*), el pato real (*Cairina moschata*) y la espectacular tigana (*Eurypyga helias*), que al abrir sus alas se asemeja a una gran mariposa. También están presentes aquellas aves que desempeñan una fundamental labor en el ecosistema, los depredadores diurnos (Gavilanes) y nocturnos (Lechuzas) y la aves carroñeras (Zamuros y Oripopos). En la nocturna tranquilidad del llano es frecuente escuchar al nictibio (*Nyctibius grandis* y *N. griseus*) que rompe el silencio con su melancólico y taciturno canto, el cual junto a la lechuza listada (*Rhinoptynx clamator*), la pavita (*Glaucidium brasilianum*) y la guacaba (*Herpetotheres cachinnans*), son considerados presagios de infortunio y desdicha por los campesinos de la región. Pequeños y variados *Passeriformes* granívoros, insectívoros y frugívoros completan la diversidad de formas y colores presentes en este ambiente.

Existen localidades donde la sabanas de *Paspalum fasciculatum* abarcan grandes áreas abiertas, con características fisonómicas y ambientales similares a la descrita para las lagunas, esteros y bajíos al sur del río Apure y por consiguiente, con una fauna asociada semejante. Es impactante observar grandes concentraciones de aves acuáticas coloniales y patos silbadores que utilizan dicha área para alimentarse. Chiguire, babas, anacondas y una gran riqueza de aves integran el resto de este bucólico paisaje.

### **Fauna de las sabanas de Trachypogon**

Las sabanas de *Trachypogon* cubren una extensa superficie en los Llanos Orientales (35.000 km<sup>2</sup>) como también en la altiplanicie de Apure Meridional, al sur del río Capanaparo (Edo. Apure). Se caracterizan por la dominancia de gramíneas del género *Trachypogon*, suelos arenosos profundos, pobres en nutrientes y bien drenados. Pueden poseer vegetación arbórea, lo cual les confiere una fisionomía heterogénea. Aun cuando las sabanas de *Tachypogon* presentan características florísticas similares, el relieve en los Llanos Orientales

puede ser suavemente ondulado, plano o presentar áreas fuertemente disectadas con desniveles mayores a 300 m, en contraste con Apure meridional donde el paisaje es predominantemente plano, condición geomorfológica que le confiere características ambientales diferentes, las cuales influyen tanto en la composición como en la estructura de las comunidades animales asociadas. En general en dichas sabanas, las comunidades boscosas están restringidas a los paisajes de valle, a lo largo de ríos, caños y otros drenajes menores, que por su diversidad florística y heterogeneidad vertical le otorgan exclusivas características de hábitat para la fauna silvestre.

Las sabanas, que generalmente se encuentran entremezclada con árboles y arbustos dispersos, constituyen la formación vegetal predominante en estos paisajes. A pesar de que ofrecen una reducida variedad de recursos, en las sabanas se puede apreciar una rica y variada fauna, donde las aves constituyen el grupo taxonómico predominante. Perdices (*Colinus cristatus*), palomas de diversas especies (*Zenaida auriculata*, *Scardafella squamata*), pájaros semilleros y pericos son elementos comunes y abundantes de la avifauna asociada a las sabanas de *Trachypogon*. El halcón primito (*Falco sparverius*), el gavilán tejé (*Buteo albicaudatus*), el pitavenado (*Heterospizias meridionales*), el zamuro (*Coragyps atratus*), el caricare (*Polyborus plancus*) y el chiriguare (*Milvago chimachima*), constituyen elementos representativos de las aves rapaces y carroñeras de las sabanas orientales. Asociados a cuerpos de agua temporales y lagunas, se pueden observar la Garciola real (*Pilherodius pileatus*), el Pájaro vaco (*Tigrisoma lineatum*), el Chicuaco (*Butorides striatus*) y otras aves acuáticas, las cuales no llegan a ser espectacularmente diversas y abundantes, como en las sabanas de Banco–Bajío-Estero. Entre los reptiles podemos mencionar algunos lagartijos (*Anolis auratus*, *Cnemidophorus lemniscatus*, *Tropidurus torquatus*) y ofidios entre los que se destacan dos serpientes venenosas: la cascabel común (*Crotalus durissus*) y la cascabel de Uracoa (*Crotalus vegrandis*), esta última endémica de los llanos Orientales. Los mamíferos conforman un reducido grupo en cuanto a riqueza de especies se refiere, de los cuales debo mencionar a dos pequeños roedores granívoros (*Calomys hummelincki* y *Zygodontomys brevicauda*), el conejo sabanero (*Sylvilagus floridanus*), el venado (*Odocoileus virginianus*), el oso palmero (*Myrmecophaga tridactyla*) y el cachicamo sabanero (*Dasypus sabanicola*). Depredadores de porte mediano a grande como la onza (*Herpailurus yagouaroundi*), el zorro común (*Dusycion thous*), el cunaguaro (*Leopardus pardalis*) y el puma (*Puma concolor*), aunque escasos se desplazan por la

sabanas de *Trachypogon* en busca de alimento. Por su restringida distribución en los Llanos Orientales, merecen especial atención la cuspa (*Cabassous unicinctus*) y la comadreja coligruesa (*Lutreolina crassicaudata*).

### **Fauna de los morichales y bosques ribereños**

El término morichal se utiliza para denominar a una comunidad vegetal donde individuos adultos de la palma *Mauritia flexuosa* son dominantes. Los morichales están asociados a ejes de drenaje o cursos de agua permanente, ubicados en la parte más baja del paisaje de valle, a todo lo largo de la planicie de inundación (González, 1987). Debido al carácter sucesional de las comunidades vegetales, el morichal puede evolucionar y convertirse en un bosque siempreverde de pantano; adyacente a estas comunidades vegetales pero ubicado en lugares de buen drenaje que se aniegan en temporada lluviosa, se puede desarrollar otro tipo de formación vegetal, el bosque riparino siempreverde. En algunos sectores el bosque ribereño consiste de un arbustal muy denso. Debido a características topográficas y edáficas, algunos sectores mantienen un cuerpo de agua léntico (humedal), poco profundo y con presencia de abundante materia orgánica en descomposición. Bajo la perspectiva del paisaje que estamos describiendo, las tres comunidades vegetales conforman una continua asociación vegetal arbórea, cuya fauna asociada será descrita basados principalmente en el trabajo de Ojasti (1987) y González (1987) para los Llanos Orientales y datos no publicados por el autor, para los bosques ribereños al sur del Edo. Apure.

Los anfibios representan el grupo menos diverso, entre los que puedo mencionar a la rana arborícola (*Hyla boans*), el sapo común (*Bufo murinus*), el *Bufo granulatus* y varias especies del género *Leptodactylus* las cuales en general son primariamente insectívoras. Entre los reptiles destaca la presencia de varios depredadores estrictamente acuáticos como el escaso caimán del orinoco (*Crocodylus intermedius*), la tortuga arrau (*Podocnemis expansa*), el terecay (*Podocnemis unifilis*), el babo morichalero (*Paleosuchus palpebrosus*), la culebra de agua (*Eunectes murinus*) y la baba (*Caiman crocodylus*), los cuales, exceptuando esta última, ameritan protección debido a su baja condición poblacional. La iguana (*Iguana iguana*), la falsa mapanare arborícola (*Corallus enydris*), la culebra (*Leptodeira annulata*), el lagarto morichalero (*Kentropyx striatus*) y la lagartija (*Coloedactylus septentrionalis*) conforman un grupo de reptiles típicos de los bosques ribereños, los cuales utilizan diversos

microhábitats y presentan variadas tendencias tróficas. Es importante hacer notar que algunas de estas especies no están presentes o son escasas al sur de Apure.

Las aves conforman el grupo de vertebrados más diverso, donde destacan por su número los insectívoros tales como atrapamoscas, pavitas, pitirres, cristofué, subepalos, hormigueros y carpinteros. Azulejos (*Thraupis episcopus*), arrendajos (*Cacicus cela*), turpiales (*Icterus icterus*), guacamayas (*Ara manialata*), loros (*Amazona sp*), pericos (*Aratinga pertinax* y *Forpus passerinus*) y guacharacas (*Ortalis ruficauda*), conforman un grupo muy llamativo en este hábitat. Los semilleros constituyen un grupo más reducido integrado por semilleros, ponchitas y palomas. La chenchena se destaca como la única especie arborícola-folívora, que en los bosques ribereños del sur de Apure no ha sido registrada. Los martín pescadores (*Ceryle torquata*), frecuentes en las orillas de los cuerpos de agua y diversos gavilanes representan los depredadores tope entre las aves diurnas. En la noche similar función cumplen las lechuzas (*Ciccaba nigrolineta*).

En cuanto a los mamíferos silvestres, los murciélagos conforman el grupo más diverso, los cuales ostentan diversas tendencias tróficas, destacándose por su abundancia los insectívoros, frugívoros, nectarívoros y polinívoros. El zorro cangrejero (*Procyon cancrivorus*), el rabipelado (*Didelphis marsupialis*) el cachicamo montañero (*Dasyus novemcinctus*), el oso melero (*Tamandua tetradactyla*) y algunos félidos constituyen los mamíferos terrestres de porte mediano asociados a este hábitat. El perro de agua (*Pteronura brasiliensis*) y la Danta (*Tapirus terrestris*) son los únicos mamíferos de mayor porte ligados a cuerpos de agua. Esta última especie aun cuando no está presente en los morichales orientales, es relativamente abundante en los bosques ribereños del sur de Apure. Es importante señalar que los vertebrados silvestres asociados a los bosques del sur de Apure, conforman una comunidad donde las especies con tendencias folívoras y frugívoras se encuentran empobrecidas, característica que la diferencia de la fauna silvestre presente en los morichales orientales.

## **FAUNA SILVESTRE ASOCIADA A BOSQUES**

Desde el punto de vista climático, la biorregión llanera presenta una marcada estacionalidad en el régimen de precipitación, donde la temporada lluviosa se inicia en el mes de abril o mayo y culmina generalmente en

noviembre. No obstante, se observa una disminución gradual en el patrón de precipitación que comienza en el extremo Occidental de los llanos, con promedios anuales próximos a 2.000 mm y continúa hacia los Llanos Orientales donde las lluvias alcanzan apenas un promedio de 1000 mm anuales. En el extremo oriental, la temporada seca suele extenderse entre 6 y 7 meses. Tales condiciones climáticas, en conjunto con las características edáficas, condicionan el desarrollo y presencia de las masas boscosas en los llanos. Con base en las características ambientales anteriormente señaladas, describo a continuación dos situaciones contrastantes:

- la fauna asociada a los bosques húmedos presentes en el extremo occidental de la biorregión llanera
- las comunidades de vertebrados silvestre asociadas a los bosques secos deciduos y semideciduos de los Llanos Centrales y Orientales

### **Fauna de los bosques húmedos de los Llanos Occidentales**

En general, la región que ocupan los bosques húmedos del occidente del país está ubicada a altitudes que oscilan entre 100 m y 200 m, en terrenos relativamente planos, que acumulan los sedimentos que por la acción erosiva, aporta la cordillera Andina. La deposición diferencial de estos sedimentos y los cambios producidos en los drenajes naturales, han modelado un paisaje relativamente plano, con una pendiente que no excede 1% pero con leves desniveles a corta distancia, conformando alternadamente terrenos relativamente altos, no inundables y zonas bajas anegadizas, que se inundan o encharcan en la temporada lluviosa. Tales características le imprimen propiedades hidrológicas y edáficas determinantes del desarrollo de una gran diversidad de comunidades vegetales. (Vincent, 1970; Folster y Franco, 1979; Franco y Folster, 1982). Al inicio del siglo pasado, estos bosques se encontraban prácticamente intactos, pero en las últimas cinco décadas han desaparecido a un ritmo alarmante, como consecuencia de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales.

La exuberancia y frondosidad de los bosques húmedos llaneros es impresionante y junto a la gran variabilidad ambiental que les confiere la heterogeneidad vertical y horizontal, han logrado en el tiempo evolutivo, alojar una espectacular diversidad de especies adaptadas a la inmensa variedad de

microhábitats presentes, estrategia biológica que se denomina radiación adaptativa. Adicionalmente, no solo la radiación adaptativa influye como una fuerza natural sobre este ambiente, ya que también se perciben grupos pequeños de especies no emparentadas taxonómicamente, estrechamente asociadas, porque utilizan similares recursos en el tiempo y espacio, lo cual se denomina en términos biológicos convergencia evolutiva. Ejemplo de tal situación se puede ilustrar a través de cinco mamíferos silvestres, que comúnmente habitan las selvas húmedas de los llanos occidentales de Venezuela. Cinco mamíferos que aunque pertenecientes a órdenes diferentes, morfológicamente son similares y utilizan los recursos presentes en el estrato alto del bosque. Comenzaré mencionando a un marsupial, la Comadreja lanuda (*Caluromys lanatus*), luego un primate, la Marimonda o mono mangalarga (*Ateles belzebuth*), posteriormente un integrante del orden Carnívora, el Cuchi cuchi (*Potos flavus*), luego un edentado, el Osito Melero (*Tamandua tetradactyla*) y por último un roedor, el Puerco espín (*Coendou prehensilis*). Tal situación, desde la óptica científica, es espectacular y nos proporciona fehacientes pruebas de que estos bosques ofrecen una inmensa variedad de recursos, condición que les ha permitido alojar una gran riqueza de animales silvestres.

De los mamíferos silvícolas presentes en la biorregión llanera, los murciélagos y los roedores constituyen los grupos más diversificados, con tendencias tróficas, formas y tamaños muy variados (Ochoa, 1988; Utrera, 1997). Los murciélagos conforman un grupo que representa más del 50% de los mamíferos silvícolas, donde los insectívoros y frugívoros de dosel son los más diversificados. Merece la pena mencionar al *Vampyrum spectrum*, el murciélago carnívoro más grande del neotrópico, el cual puede alcanzar 1,10 m de envergadura y un peso de 200 gramos. Gran impacto produce su tamaño corporal, sobre todo si lo comparamos con los pequeños murciélagos insectívoros de vuelo lento, que ostentan un peso de apenas 5 a 10 gramos. Dicha especie se alimenta de pequeños vertebrados (aves, roedores), grandes insectos y consume algunos frutos. Otros depredadores, tanto de pequeños vertebrados, como de insectos e invertebrados posados en ramas y hojas, así como polinívoros, nectarívoros y piscívoros conforman el resto de la comunidad de murciélagos, la cual puede estar representada por 35-40 especies (Ochoa, 1988; Utrera, 1997). De los roedores mencionaré la lapa (*Agouti paca*), el picure (*Dasyprocta fuliginosa*), así como también la ardilla (*Sciurus granatensis*) y los pequeños ratones terrestres y arborícolas (*Orizomys* y *Echimidon*) que debido a su estrategia de búsqueda y consumo de alimento

(frutas y semillas) actúan como excelentes agentes dispersores de semillas. También frugívoros y granívoros pero estrictamente terrestres, los venados matacanes (*Mazama americana*), los báquiros de collar (*Tayassu tajacu*) y los chácharos (*Tayassu pecari*) se desplazan por la selva en busca de alimento. Los báquiros y chácharos son animales silvestres gregarios, pero éstos últimos, respetados y temidos por los lugareños y cazadores, son ariscos, muy susceptibles y poco tolerantes a la presencia humana, conformando grupos que suelen sobrepasar de 80 individuos. Son frecuentes los relatos donde se comenta la hazaña o infortunio de los campesinos y cazadores, al toparse con estos animales. Lapas, picures, báquiros, chácharos, matacanes y hasta las dantas, constituyen una importante fuente de proteína animal para la población rural aledaña a los bosques.

Los primates, representados por tres especies, dividen su estrategia de búsqueda y consumo de alimento desplazándose diferencialmente por el dosel del bosque. El mono mangalarga (*Ateles belzebuth*) frecuenta el estrato alto y sus largas extremidades le permiten desplazarse rápidamente, consumiendo fundamentalmente frutos maduros y hojas tiernas. En contraste, el mono cariblanco (*Cebus albifrons*) se moviliza por la parte más baja del dosel, muy lentamente buscando y consumiendo frutos, invertebrados y semillas. El araguato se desplaza más rápido que el mono cariblanco, utiliza indiferentemente el dosel del bosque y tiene preferencias por las flores, hojas tiernas y algunos frutos. Entre los mamíferos de gran porte y considerados en peligro o vulnerables debido a sus reducidos tamaños poblacionales, debo mencionar a la danta (*Tapirus terrestris*), la cual puede ser observada frecuentando los cuerpos de agua, sean éstos bajíos, caños o pequeñas lagunas, donde además de obtener su alimento, son utilizados habitualmente como letrinas. La nutria gigante (*Pteronura brasiliensis*) solitaria o en reducidos grupos familiares, frecuenta caños y ríos que atraviesan y bordean la espesura del bosque. Entre los depredadores tope, confluyen en la selva jaguares, pumas y cunagueros. Mención especial merece el cachicamo gigante (*Priodontes maximus*), el edentado Neotropical de mayor peso y tamaño, que con su presencia nos hace recordar las formas primitivas que poblaron Sudamérica, cuando estuvo aislada del resto de los continentes por 7-8 millones de años.

Las Aves constituyen el grupo de vertebrados silvestres más diversificado y llamativo de los bosques húmedos llaneros. Desde la imponente águila harpia (*Harpya harpia*) hasta pequeños colibríes de los Géneros *Glaucis*, *Phaethornis*,



*Amazilia*, *Chlorestes*, *Chlorostilbon* y *Florisuga*, conforman la diversa avifauna presente en éstas selvas. Carpinteros (Géneros *Melanerpes* y *Dryocopus*) y diminutos telegrafistas (Género *Picumnus*) repiquetean con su pico sobre ramas y troncos en busca de alimento. El pequeño y grácil duende (*Aranidicola leucocephala*) comparte el frondoso y oscuro sotobosque con el pájaro león (*Momotus momota*) y la cotara (*Aramides sp.*).

Variadas especies de guacamayas (*Ara sp.*) y loros (*Amazona sp.*) rompen el silencio de la tarde con sus estridentes cantos. La hermosa policromía del plumaje de los tucanes (*Ramphastus sp.*, *Pterosglossus sp.*) contrasta con la verde espesura de bosque, donde paujís (*Crax daubentoni*) y pavas (*Penélope purpurascens*) emiten conspicuos silbidos o estridentes voces y el chupacacao ventriblanco (*Daptrius americana*) se acopla con su ronco y repetido alboroto, a la sonora armonía de la selva húmeda. Al desplazarse por la selva, es frecuente el encuentro con el arisco pato real (*Cairina moschata*). El aruco (*Anhima cornuta*), especie poco común, puede ser observada solitaria o en parejas en las orillas del bosque, donde un variado grupo de aves depredadoras (gavilanes, águilas y halcones), acechan a sus potenciales presas.

La Herpetofauna de los bosques húmedos de los Llanos Occidentales de Venezuela es una de las comunidades de mayor riqueza al norte del Orinoco. Los anfibios conforman un grupo muy diversificado, con tendencias disímiles en el uso del espacio y variadas estrategias reproductivas (García Pérez, com.per). La gran diversidad de hábitats y recursos ha permitido que este grupo taxonómico se diversifique hacia formas arborícolas, terrestres y acuáticas, con tendencia diurnas y nocturnas y estrategias reproductivas tan sorprendentes, como el desarrollo de los huevos en la espalda del adulto ubicados en estructuras cutáneas, o nidos de espuma donde los huevos son depositados en hojas de heliconias, pequeños charcos, cavidades o bajo la hojarasca, donde posteriormente emergerán los pequeños renacuajos. Especial atención merecen las ranas arborícolas del género *Phyllomedusa* ya que impresionan por su gran tamaño, las cuales junto con otras integrantes de la familia *Hylidae* destacan por ser hábiles trepadoras. Variadas ranitas terrestres y semi-acuáticas del género *Leptodactylus*, arborícolas de los géneros *Hyla* y *Scinax*, y acuáticas del género *Rana* completan la diversidad de anfibios de los bosques húmedos del occidente llanero.

En cuanto a los reptiles, los lagartos y ofidios constituyen los grupos más diversificados. Desde pequeños Microteidos que viven bajo la hojarasca (*Ameiva*, *Gymnophthalmus*, *Kentropyx*) hasta lagartos arborícolas (*Anolis*, *Gonatodes*) o terrestres (*Tupinambis*) conforman la variada representación de estos reptiles (García Pérez, com.per). Entre los Ofidios, los *Colubridae* constituyen el grupo más diverso con representantes acuáticos, arborícolas y terrestres, tanto diurnos como nocturnos. Merece la pena mencionar a la ponzoñosa *Bothrops atrox*, temible y de gran tamaño, variados integrantes del Género *Micrurus* y Boidos como la tragavenado, la anaconda y la boa esmeralda, que conforman la comunidad de ofidios presentes en la selva.

### **Fauna de los bosques secos deciduos y semideciduos de los Llanos Centrales y Orientales**

Los bosques secos deciduos y semideciduos de los Llanos Centrales y Orientales, se caracterizan por marcadas diferencias estacionales en su fisonomía, ya que la ausencia parcial o total de cobertura vegetal en la temporada seca, es reemplazada por una verde y frondosa vegetación en la temporada lluviosa. Al comparar éstos bosques con la selva húmeda del occidente del país, existe una clara disminución de la estratificación vertical y de la riqueza florística, así como también una importante limitación hídrica estacional, características que condicionan el ambiente a una menor capacidad de albergar variados elementos faunísticos. Lagartos del Género *Ameiva*, la serpiente cascabel (*Crotalus durissus*) y escasas iguanas (*Iguana iguana*) figuran entre los reptiles más comunes. Como es de esperar las aves conforman el grupo más diversificado representado por especies frugívoras como el arrendajo (*Caccicus cela*), las tángaras (*Tangara cayana*) y loros (*Amazona ocrecephala* y *A. amazonica*), granívoras como las palomas (*Leptotila rufaxilla*, *L. verreauxi*) y la ponchita (*Crypturellus soui*), insectívoras entre los que puedo mencionar a los cucaracheros (*Campylorhynchus nuchalis*, *Thryothorus rufalbus*) los subepalos (*Lepidocolaptes souleyetti*) y aguaitacaminos (*Nyctidromus albicollis*) y depredadores nocturnos y diurnos como lechuzas (*Pulsatrix perspicillata*) y gavilanes (*Buteo nitidus* y *B. magnirostris*) (Smith, 1952; Ojasti, 1987). No podían faltar las bulliciosas guacaharacas (*Ortalis ruficauda*) y cotaras (*Aramides cajanea*), así como también los pájaros carpinteros (*Dryocopus lineatus*, *Veniliornis kirkii*), hormigueros (*Sakesphorus canadensis*, *Formicivora grisea*) y atrapamoscas (*Myiodynastes maculatus*) quienes integran parcialmente las aves asociadas al bosque seco. En algunas

localidades de los Llanos Centrales, donde la presión de caza es muy baja o inexistente, en la temporada seca se pueden observar grupos de más de treinta Paujies (*Crax daubentoni*) que se reúnen a orillas de los cuerpos de agua.

En cuanto a los mamíferos silvestres los murciélagos frugívoros de los Géneros *Carollia*, *Artibeus*, *Sturnira* y nectarívoros (*Glossophaga soricina* y *G. longirostris*) conforman el grupo más diverso, seguidos por insectívoros de dosel (*Emballonuridae* y *Vespertilionidae*) y de vuelo rápido (*Molossidae*). El ratón mochilero (*Heteromys anomalus*), pequeños ratones de campo (*Oryzomys*) y la comadreja (*Marmosa robinsoni*), hurgan la hojarasca o trepan por las ramas de los arbustos, en busca de semillas, frutos y algunos invertebrados para alimentarse. Otros mamíferos como el picure (*Dasyprocta leporina*), la ardilla (*Sciurus granatensis*) y el osito melero (*Tamandua tetradactyla*), aunque escasos también están presentes en este hábitat. Es común observar venados (*Odocoileus virginianus*) y báquiros (*Tayassu tajacu*) que en la temporada seca recorren el bosque hasta los escasos pozos que aún mantienen agua. En los bosques secos de los llanos centrales, aun se logran observar báquiros cachete blanco (*Tayassu pecari*) que en grupos de más de 50 individuos se desplazan en su diario trajín en busca de alimento y agua donde refrescarse y calmar la sed. Aunque con poca frecuencia, félidos como la onza (*Herpailurus yagouaroundi*), el cunaguaro (*Felis pardalis*) y el puma (*Puma concolor*), así como también el guache (*Eira barbara*), el lavamanos (*Procyon cancrivorus*) y el zorro (*Dusycion thous*), suelen estar presentes en estos bosques.

## CONCLUSIÓN

A manera de conducción debo mencionar que la biorregión los Llanos, a pesar de su aparente homogeneidad está conformada por una variada diversidad de hábitats donde la fauna silvestre se refugia, alimenta y reproduce. Sin embargo, la presión ejercida por las actividades antrópicas en las últimas cinco décadas, ha conllevado a una profunda transformación de los hábitats originales. La agricultura mecanizada, la construcción de grandes embalses y de obras de infraestructura para riego y drenaje, la explotación de recursos maderables provenientes de los bosques naturales, las grandes extensiones dedicadas a plantaciones forestales y la ganadería, han reducido, transformado y fragmentado significativamente dichos hábitats. Irremediablemente, el futuro de la rica y variada fauna silvestre presente en los Llanos venezolanos, depende

de la búsqueda y adopción de nuevos esquemas de uso y aprovechamiento de nuestros recursos naturales.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Ayarzagueana, J. 1983. Ecología del caimán de anteojos o baba (*Caiman crocodylus*) en los llanos de Apure, Venezuela. Doñana Acta Vertebrata 10(3):1- 135.
- Bisbal, F. 1988. Impacto humano sobre los hábitat de Venezuela. Interciencia 13 (5):226-232.
- Boulière, F. 1989. Mammalian species richness in tropical rain forest. Cap. 6, pp. 153-168. En: M. Harmelin y F. Bourlière (Eds). Ecological studies, Vol 69 Vertebrate in complex tropical systems. Springer-Verlag, New York.
- de Manzione, N., R.A. Salas, H. Paredes, O. Godoy, L. Rojas, F. Araoz, C. F. Fulhorst, T. G. Ksiazek, J. Mills, B. A. Ellis, C. J. Peters and R. Tesh. 1998. Venezuelan hemorrhagic fever: clinical and epidemiological studies of 165 cases. Clin. Infect. Dis. 26(2):308-313.
- Ferguson, A. 1990. El aprovechamiento de la Fauna Silvestre en Venezuela. Cuadernos Lagoven. Cromotip C.A., 98 pp.
- Fulhorst, C. F., M. D. Bowen, R. A. Salas, G. Duno, A. Utrera, T.G. Ksiazek, N. De Manzione, E. Miller, C. Vasquez, C. J. Peters and R. Tesh. 1999. Natural rodents host associations of Guanarito and Pirital viruses (family Arenaviridae) in Central Venezuela. Am. Jou. Trop. Med. Hyg. 61(2):325-330.
- Giller P. 1984. Species diversity trends-theories and hypotesis. Cap. 8, pp. 93-111. En: P. Giller (Ed). Community structure and niche. Chapman and Hall. Ney York.
- González-Jiménez, E 1995. El Capibara (*Hydrochoerus hidrochaeris*). Estado actual de su producción. Estudio FAO Producción Animal 122:1-110.
- González, V. 1987. Los morichales de los llanos orientales. Un enfoque ecológico. Ediciones Corpoven. Refolit, C.A., 56 pp.

- Hoogesteijn, R., A. Hoogesteijn y E. Mondolfi. 1992. El dilema depredación v/s conservación del Jaguar y análisis de la mortalidad de bovinos causada por felinos en tres hatos del llano venezolano. Pp:129-173. En: Memorias del Simposio Felinos de Venezuela. Biología, Ecología y Conservación. Caracas, 01- 04 Abril de 1991.
- Ibáñez, C. 1981. Biología y ecología de los murciélagos del hato "El Frío". Apure, Venezuela. Doñana, Acta Vertebrata, Vol. 8(4):1-271.
- Mondolfi, E. y R. Hoogesteijn. 1986. Notes of the biology and status of the jaguar in Venezuela. pp: 85-125. In: S. Miller and D. Evereth (Eds.) Cats of the world: Biology, conservation, and management. National Wildlife Federation, Washington, D.C.
- Ochoa, J., J. Sanchez, M. Bevilacqua y R. Rivero. 1988. Inventario de los Mamíferos de Reserva Forestal de Ticoporo y la Serranía de los Pijiguaos, Venezuela. Acta Cient. Ven. 39:269-280.
- Ojasti, J. 1973. Estudio biológico del chigüire o capibara. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Caracas. 271 pp.
- Ojasti, J. 1981. Papel ecológico de mamíferos en sabanas inundables. Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat. 36(139):59-66.
- Ojasti, J. 1987. Fauna del Sur de Anzoátegui. Ediciones Corpoven. Refolit, C.A., 38 pp.
- Ramo, C. y J. Ayarzagüena. 1983. Fauna Llanera, apuntes sobre su morfología y ecología. Cuadernos Lagoven. Impresora Cromotip, 83pp.
- Ramo, C.; B. Busto y A. Utrera. Breeding and rearing the Orinoco crocodile *Crocodylus intermedius* in Venezuela. Biol. Cons. 60:101-108.
- Ramía, M. 1967. Tipos de sabanas en los llanos de Venezuela. Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat. (28)112:264-288.
- Robinson, J. 1981. Spatial structure in foraging groups of wedge-capped capuchin monkeys *Cebus nigrivittatus*. Anim. Behav. 29:1036-1056.

- Rudran, R. 1979. The demography and social mobility of a red howler (*Alouatta seniculus*) population in Venezuela. Pp. 107-126. En: J. F. Eisenberg (Ed.). Vertebrate ecology in northern Neotropics. Smithsonian Institution Press.
- Smith, F. 1952. La Avifauna de Anzoategui central. Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle 32(XII):107-130.
- Utrera, A. y M. González-Fernández. 1995. Reconocimiento y Control de Murciélagos Hematófagos. Biollania Edición Especial N°5.
- Utrera, A. Impacto de la actividad forestal sobre las comunidades de mamíferos en la Reserva Forestal de Caparo. 1997. Trabajo de Ascenso a la categoría de Agregado. Unellez, Programa RNR. 56 pp.
- Utrera, A., G. Duno, B. A. Ellis, R. A. Salas, N. de Manzione, C. Fulhorst, R. Tesh and J. N. Mills. 2000. Small mammals in agricultural areas of the western llanos of Venezuela: community structure, habitat associations, and relative densities. Journal of Mammalogy 81 (2): 536-548.



# **Segunda Parte**





---

## RASGOS CLIMÁTICOS DE LOS LLANOS DE VENEZUELA

*Pablo Marvéz*

### INTRODUCCIÓN

El comportamiento de la atmósfera de los llanos venezolanos ha sido observado y medido por agricultores y expertos durante mucho tiempo. Es un factor primordial para la actividad productiva del hombre, con frecuencia es determinante del éxito o fracaso en sus actividades económicas pero no lo controla. El clima es el producto de la interacción de factores como la temperatura, humedad, la evapotranspiración y precipitación, los cuales varían tanto temporal como espacialmente, durante todo el año, así como dentro de la región. Como consecuencia, se presentan de sectores más cálidos o más húmedos que otros, con actividades agro-económicas diferentes que no han sido bien definidos. Sin embargo, como se señala mas adelante, es la variación anual y espacial de la oferta de agua climática la principal determinante de la vegetación natural y así como del tipo e intensidad del uso de la tierra. Así que ante la falta de información suficientemente procesada, con el fin de establecer prioridades para el desarrollo y la inversión, el objetivo de este Capítulo fue describir y definir cartográficamente subregiones climáticas dentro de la región de los llanos. Se agrega información sobre paleoclimas (climas del pasado), sus evidencias actuales y finalmente se hace énfasis en el cambio climático como un proceso de calentamiento gradual y global que pudiera eventualmente influenciar la región.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los Llanos de Venezuela tienen un clima característico de región tropical, que está bajo la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT); ubicada entre los cinturones de alta presión subtropical de los dos hemisferios, los cuales influyen su comportamiento durante el año. Así, este gradiente de presión origina vientos alisios del noreste y sureste, que determinan la dirección predominante de las masas de nubes dentro de esta región (Sánchez, 1960).

El área ocupa una franja meridional alargada entre las coordenadas geográficas  $6^{\circ} 5' - 10^{\circ} 5'$  de latitud norte y  $62^{\circ} 5' - 72^{\circ}$  de longitud oeste (Figura 1). Las alturas varían entre 0 – 30 msnm en el sector Puerto Píritu y a orillas del río Orinoco al sur del Estado Monagas, hasta alturas mayores de 300 m.s.n.m. al norte de Maturín, en este mismo estado y en el sector occidental del Estado Apure, cerca de las estribaciones andinas (PDVSA, 1992). En general, la región incluye relieves aplanados y ligeramente ondulados de poca pendiente.

Los principales elementos que caracterizan el clima de los Llanos son: precipitación, evapotranspiración, temperatura y humedad relativa. La precipitación disminuye progresivamente de oeste a este, desde los Llanos Suroccidentales húmedos con valor medio anual máximo de 2400 mm, hasta los Llanos Orientales secos y centrales muy secos, donde el valor promedio de precipitación varía ampliamente entre 1200 a 800 mm anuales, respectivamente. La evapotranspiración potencial anual es predominantemente alta, con valores promedios desde 1000 mm en las zonas más húmedas, hasta más de 2000 mm en las zonas más secas. La temperatura media anual se sitúa entre  $26 - 27^{\circ}\text{C}$ , con valores máximos y mínimos medios anuales por el orden de  $33$  y  $22^{\circ}\text{C}$ , respectivamente; mientras que la humedad relativa media anual es del 65%. Para la región de los llanos en general, como una conclusión preliminar, se puede señalar que el régimen climático se caracteriza más por la variación estacional y errática de la precipitación en comparación con el resto de los elementos del clima, los cuales son más estables durante todo el año (Hétier *et al.*, 1992). Basado en esta precisión, se presenta más adelante una sectorización en subregiones climáticas.

La distribución general de las lluvias, similar para toda la región de los Llanos, se presenta en dos períodos bien definidos que caracterizan el régimen de precipitación anual: un período húmedo o de lluvia, y un período seco o de estiaje. Más del 80 % de la lluvia cae durante el período húmedo, mientras que menos del 20% cae durante el período seco, en forma de lluvias concentradas y a veces muy distanciadas entre sí. En general, el período húmedo va de mayo a octubre, con máximas precipitaciones entre junio y julio, mientras que el período seco va de enero a marzo; febrero y marzo son los meses más secos. Los meses de abril, noviembre y diciembre son meses de transición y con lluvias erráticas, son inseguros y de alto riesgo para iniciar o planificar cualquier actividad agrícola. Durante el mes de septiembre ocurren las lluvias más erosivas (Falcón, R. Comunicación personal, 1999).

### **Subregiones climáticas**

La Figura 4.1 (Apéndice) muestra en una primera aproximación, cuatro subregiones climáticas de los Llanos de Venezuela, las cuales se diferencian por la variación espacial de la precipitación media anual, la duración del período húmedo, la vegetación y el uso actual. Las subregiones son producto del análisis e interpretación de información climática (mapa de isoyetas, estaciones meteorológicas y otras interpretaciones), imágenes satelitales y proyectos locales realizados en diferentes sectores de los llanos con fines de zonificación agro-ecológica. Por otra parte, esta separación se ajusta al comportamiento de la ZCIT, la cual muestra un patrón convexo que se proyecta con mucha influencia hacia el occidente de la región, mientras es apreciablemente cóncavo y con menos influencia hacia el centro y oriente, lo cual es evidente en las imágenes de los satélites meteorológicos ([www.accuweather.com](http://www.accuweather.com), 2001)

La subregión A corresponde a los Llanos húmedos, se ubica hacia el suroccidente de la región e incluye la altiplanicie entre los ríos Cinaruco y Meta, y la parte occidental de los estados Apure y Barinas, recibe entre 1800-2400 mm de lluvia promedio anual durante el período húmedo que va de Abril a Diciembre; el periodo seco va de Enero a Marzo, y los valores de la evapotranspiración potencial oscilan entre 1000-1200 mm anuales.

Un período húmedo menos prolongado se observa en la subregión B, llanos subhúmedos, que incluye los llanos de Portuguesa, los centro-orientales de Barinas y centro-occidentales de Cojedes, donde el promedio anual de

precipitación oscila entre 1300 - 1800 mm. Los meses de abril a noviembre son húmedos, mientras que desde diciembre a marzo son secos. La demanda por evapotranspiración fluctúa entre 1200-1500mm por año.

La subregión C comprende a los Llanos Orientales secos a muy secos de Anzoátegui, Monagas y Guárico oriental, los cuales reciben un promedio anual que varía ampliamente entre 700 – 1600 mm. Entre abril y noviembre es el período húmedo, mientras que el período seco varía según la exposición y la altura del paisaje de mesa (COPLANARH, 1974, citado por Hétier *et al.*, 1992). La alta demanda evapotranspirativa, con rango de valores entre 1200-2200 mm por año, supera ampliamente los registros de la precipitación señalados anteriormente, por lo que los meses secos son consistentemente más que los meses húmedos. El número de meses húmedos varía ampliamente entre 0-8, mientras que los secos van de 4-12 (MARNR, 1983), lo cual indica que durante algunos años no se registraron meses húmedos. Es por ello que el umbral crítico de los 800 mm requeridos para la producción de cultivos de ciclo corto como el maíz (Falcón, Marvéz y Larreal, 1990), se alcanza en forma precaria bajo estas condiciones climáticas. En el caso del arroz, que tiene sus requerimientos de agua, cultivo + lamina, alrededor de 700 mm durante seis (6) meses (Solórzano, 1999); en las subregiones más secas como la C y D es posible su producción si se almacena agua suficiente durante el ciclo del cultivo.

La subregión D, se encuentra hacia el centro–occidente del Estado Guárico y el oriente del estado Cojedes. Con relación al clima de esta subregión, es el más seco. La precipitación media anual presenta un rango amplio entre 400 y 1300 mm, con un período húmedo entre mayo y octubre (6 meses) y un período seco de noviembre a abril (6 meses). La evapotranspiración potencial es muy alta para esta zona y registra valores similares a la subregión anterior. Falcón, Marvéz y Larreal (1990) encontraron una alta dispersión de los períodos de inicio de las lluvias (ON SET) para C y D, cuando aplicaron la metodología de las “Banderas de Lluvia” de Stewart (1988), con lo que se ratifica el comportamiento errático e imprevisible para este sector de los llanos. Este periodo es menos errático y mejor definido para A y B (Falcón y Marvéz, 2000).

## **Principales rasgos agro-climáticos**

Los Llanos son el asiento de casi toda la agricultura de cultivos anuales mecanizados, plantaciones forestales y de gran parte de la ganadería extensiva y semi-intensiva de carne, leche o ambos, siendo común la siembra de algunos cultivos de ciclo corto y conucos en las vegas de sus ríos durante el periodo seco. A continuación se señalan los principales rasgos agro-climáticos para cada una de las sub-regiones descritas anteriormente.

Parte de la subregión A, los Llanos Occidentales húmedos de Apure y Barinas, se caracterizan por la fertilidad de sus suelos y un clima que provee abundante agua durante casi todo el año. Se observa un predominio del bosque sobre la sabana. Así, se formaron grandes masas boscosas que dieron motivo para que a mediados del siglo pasado, se decretaran áreas bajo régimen de administración especial (ABRAE) bajo la figura de reservas forestales: Ticoporo, Caparo y San Camilo; y se constituyen por esta vía en las mas importantes del país. En los últimos años, estas han dado paso a la agricultura y la ganadería. Dadas las características favorables de clima y suelo, es posible producir dos cultivos al año con algunas limitaciones; los pastos se dan casi todo el año y la ganadería bovina es semi-intensiva de doble propósito (leche y carne). El resto de los llanos húmedos localizados al sur del Estado Apure, se caracteriza por sus extensas llanuras de origen eólico entre los ríos Arauca y Cinaruco, y mas al sur se encuentra la altiplanicie, la cual se extiende hasta el río Meta. Las grandes extensiones de dunas activas y médanos estabilizados se encuentran sobre tierras bajas con mal drenaje, formando ecosistemas frágiles donde se alternan periodos de inundación en el invierno con sequía en el verano, estas condiciones extremas reducen las alternativas para el aprovechamiento de estas tierras hacia el turismo y la ganadería extensiva. En relación a la altiplanicie, estudios realizados por la UNELLEZ para los Llanos Occidentales en Apuroquia (1986), proponen la incorporación de estas tierras a la producción de plantaciones forestales.

Los Llanos Occidentales sub-húmedos, sub-región B, han sido el asiento de importantes proyectos de desarrollo agrícola del país; allí se han efectuado grandes inversiones en obras para el saneamiento de tierras, tales como Turen I y II, Guanare-Masparro y múltiples sistemas de riego: Las Majaguas, Guanare, Bocono, entre los más importantes. Así mismo, una amplia extensión de plantaciones forestales-pino, eucalipto, gmelina y otras especies nativas- se han desarrollado en el Estado Portuguesa, en la franja central que limita hacia el norte con el flanco sur-andino. Los llanos apureños al norte del río Arauca, mucho más despoblados, presentan una alta proporción de suelos pesados con baja a moderada fertilidad; adicionalmente, el clima sub-húmedo se caracteriza por una lámina de inundación generalizada durante el período húmedo, que se alterna con una fuerte sequía durante el período seco. Estas condiciones contrastantes restringen sus posibilidades de uso, predominando la ganadería bovina extensiva de carne. Solo en algunos sectores se dan usos bajo agricultura y ganadería más intensivos, como es el caso del eje Biruaca-Apurito con maíz, frijol, algodón y caña panelera; y más adelante el área del proyecto Módulos de Mantecal, donde mediante terraplenes se almacena el agua de lluvia y se extiende el período de producción durante el año.

En los Llanos Orientales secos a muy secos, subregión C, las mesetas de la altiplanicie, los valles encajonados y las planicies de desborde y de explayamiento, conforman los tipos de paisajes donde se sustentan las diferentes actividades de producción. Hacia la zona sur-oriental se han plantado en las últimas décadas grandes extensiones de pino caribe. Se practica una ganadería bovina extensiva de doble propósito. En esta subregión se ha desarrollado en los últimos años una intensa actividad petrolera y forma parte de la Faja Petrolífera del Orinoco, una de las reservas de petróleo más grandes del mundo. La Depresión de Unare forma parte de esta subregión, y se caracteriza por sus llanos ondulados y el relieve de colina. La vegetación predominante es de bosque caducifolio y de espinares, típica de clima seco, que ha sido deforestado gradualmente para dar paso a una ganadería de doble propósito, basada en pastos cultivados y cultivos anuales mecanizados como maíz y sorgo, que son complementarios a la ganadería. Este proceso es el principal responsable del deterioro de los suelos y la erosión en la zona. En las planicies aluviales se ha construido una cantidad importante de pequeñas represas para usos múltiples, siendo el riego por aspersión una práctica común; sin embargo, los cultivos bajo esta modalidad han tenido un desarrollo limitado.

La siembra de conucos ha sido tradicionalmente la causa principal de la expansión de la frontera agrícola hacia nuevas áreas en detrimento del bosque natural, que posteriormente son utilizadas para la ganadería (PDVSA, 1992). En esta zona, los morichales representan ecosistemas únicos por su biodiversidad de flora y fauna, teniendo a la vez alto potencial para el turismo.

Los Llanos Centrales constituyen la subregión más seca: la subregión D. Históricamente ha sido utilizada para la explotación de una ganadería bovina extensiva muy precaria. En los últimos años se ha intensificado el uso hacia cultivos anuales mecanizados de secano como maíz y sorgo, los cuales son complementarios a una ganadería de doble propósito. En las planicies aluviales altas, la construcción de varias represas ha permitido la producción de hortalizas, mientras que en las planicies intermedias y bajas se produce arroz bajo riego.



## Evidencias de paleoclimas

Sarmiento y Monasterio (1975), citando a varios autores, señalan a climas pasados conjuntamente con otros factores geológicos o geomorfológicos ocurridos durante el cuaternario, como responsables de la ocurrencia de extensas áreas bajo sabana en América tropical. Explican que el clima, como factor ambiental, tiene una influencia holística y ecológica; es decir, actúa integrado con otros factores del ambiente, y además se interrelaciona con ellos. De esta manera, se explicaría la presencia de paisajes actuales o la evolución de estos en el pasado, mediante la formulación de hipótesis de los cambios históricos-geográficos y las teorías Holocenóticas. Los cambios climáticos ocurridos durante el cuaternario, conjuntamente con los orogénicos y geomorfológicos, condujeron a dramáticas modificaciones en la distribución de los ecosistemas de los Llanos; produciéndose así, el reemplazo periódico de sabana, bosques y áreas húmedas. Los análisis de polen permiten reconocer algunos de ellos; estos se han realizado, además de Venezuela, en otros países como Brasil, Colombia y Guyana. El clima de los Llanos de hace 15.000 – 20.000 años atrás, fue diferente al actual y además, fue cambiando progresivamente hasta el presente. Evidencias biológicas, biogeográficas, geomorfológicas y pedogenéticas observadas en la región de los Llanos, además de los registros palinológicos y de dataciones por elementos radiactivos trazadores señalados por Sarmiento y Monasterios (1975), ayudan a soportar esta hipótesis.

Entre las evidencias biológicas se destacan la presencia de relictos desvanecientes de bosque seco con arbustos y especies xerofíticas (cactus) rodeado por sabanas a orillas del caño La Pica, en el Estado Apure. Así mismo, la presencia actual de especies de reptiles cercanas al *Cnemidophorus gramivagus*, observadas a ambos lados del río Orinoco. Ambos casos solo se explicarían por la ocurrencia de un período de estiaje más seco que el actual, que permitió su diseminación en toda esta área (García – Pérez, J. E. Comunicación personal, 1998 ).

Tanto los relictos de bosques sobre médanos que están siendo desmantelados por la red hidrográfica como las extensas sabanas con dunas y

médanos estabilizados en la parte meridional y sur del Estado Apure (en la altiplanicie entre los ríos Cinaruco y Meta y el sector sur sur del río Arauca), son evidencias biogeográficas de procesos de intensa actividad eólica bajo un clima más seco que el actual. Otra evidencia indirecta es la vinculación de la palma llanera (*Copernicia tectorum*) sobre suelos con drenaje pobre y con altos niveles de sodio intercambiable, el cual se acumuló en períodos áridos pasados (Schargel y Marvéz, 1995).

Entre las evidencias geomorfológicas del paleoclima están formas de tierra que se asocian a períodos climáticos pasados, como los niveles de terraza (Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub> y Q<sub>3</sub>) en el valle del río Guanare de los Llanos Occidentales y en el valle del río Guarapiche de los Llanos Orientales, donde cada nivel corresponde a procesos de depósito y entalle del río, debido a la alternancia de períodos de mucha actividad con períodos de calma, rhexistasis y biostasis respectivamente (Zinck, 1974). Otras evidencias geomorfológicas, además de las dunas y médanos anteriormente señalados, sería la formación mesa de los Llanos Orientales, como resultado del desmantelamiento del macizo guayanés, en un proceso de intensa ablación en la cuenca del río Orinoco, seguido de grandes depósitos en el sector oriental de los Llanos, los cuales sucedieron durante períodos climáticos más húmedos que el actual.

Evidencias pedogenéticas de la acción de climas pasados se encuentran en suelos con sodio y cristales de yeso, concentrados a profundidades mayores de 60 cm en perfiles descritos tanto en Guárico central como en la planicie cercana al caño Igüez. Estos suelos se encuentran actualmente sometidos a procesos de lixiviación de estas sales acumuladas bajo climas más secos en el pasado. Diferentes grados de evolución de los suelos en el tiempo asociado a posiciones en el paisaje dan como resultado cronosecuencias y toposecuencias de suelos descritos sobre las terrazas de los valles señalados anteriormente, donde se encuentran suelos más jóvenes (Entisoles e Inceptisoles) en terrazas bajas, mientras que los más meteorizados (Alfisoles y Ultisoles) se los encuentra en las terrazas altas. Por otra parte, la profundidad del lixiviado de arcillas (> 1.50 m), el espesor del horizonte orgánico superficial de más de 70 cm, y la presencia de suelos enterrados podrían vincularse a la acción de climas pasados. Evidencias de cada uno se han encontrado en diferentes sitios de la región de los Llanos. Revestimientos de arcillas (películas) se observan en perfiles profundos de suelos Paleustults en la altiplanicie occidental y oriental. Horizontes orgánicos muy espesos se han encontrado en la planicie del río

Acequias, en el sector más húmedo al occidente del Estado Barinas y, suelos con horizontes A enterrados que alguna vez estuvieron sobre la superficie, con frecuencia se les encuentra en suelos de los Llanos Occidentales de Portuguesa y Barinas. Finalmente, el afloramiento de estratos petroféricos o corazas ferruginosas (plintitas endurecidas), contenidos en capas ondulantes de la altiplanicie tanto del Estado Apure como la de los Llanos Orientales, la cual se encuentra en proceso de desmantelamiento, podría considerarse como una característica morfológica de suelos sometidos en el pasado a procesos prolongados de óxido – reducción del hierro, bajo climas diferentes al actual.

## CONCLUSIÓN

La alternancia de períodos seco y húmedo en toda la región llanera es una constante. La precipitación es el elemento climático menos estable de los llanos. Su variación estacional y errática permiten desagregar zonas en las cuales el clima se comporta de manera diferente. Es así como se separaron cuatro subregiones climáticas (A,B,C y D) desde la más húmeda a la más seca, pero que a su vez tienen diferencias en su vocación para la producción. La seguridad en la planificación de las actividades agrícolas tiene estrecha relación con esta vocación. Aunque A y B son las más seguras y con menos riesgos, B tiene más limitaciones que A por su período seco más prolongado; mientras que C y D presentan una oferta limitada de agua y los riesgos para producir son mayores; C es menos seca por lo tanto menos riesgosa que D, aunque en ambas las lluvias son muy erráticas.

Así como los cambios climáticos en el pasado han dejado un conjunto de evidencias tanto en la vegetación y suelo, como en la fauna, el cambio climático global en el futuro inevitablemente afectará esta región. Y aunque este es un proceso gradual, el incremento global principalmente de la temperatura, traerá consigo aumento en los niveles del agua del mar, represando de manera progresiva los ríos Orinoco, Apure y todos sus afluentes. El aumento en la altura de la lámina de agua, sumergirá parte de las cotas cercanas a 0 metros de los llanos cercanos a Puerto Píritu, e igualmente gran parte de las orillas de los ríos que forman parte de la cuenca. Toda la infraestructura (Centros urbanos, vialidad y áreas bajo producción) serán afectadas por las aguas. Como resultado será necesario reubicar centros poblados, infraestructuras, así como, incorporar nuevas áreas a la producción. Cualquier cambio en las variables del clima traerá como consecuencia cambios en los procesos de formación del suelo y con ellos

se afectará la vegetación y la fauna, como elementos del ecosistema estrechamente vinculados a este. Igualmente, cambiará el comportamiento hidrológico de los ríos, especialmente su estiaje.

Sin embargo, el aumento en las concentraciones de CO<sub>2</sub> que trae consigo el cambio global, podría considerarse como un recurso de flujo que se puede transformar en un recurso de fondo si se prevén estrategias para su captación, almacenamiento y transformación. La siembra masiva de grandes extensiones de plantaciones forestales que actuarían como trampas de CO<sub>2</sub>, es una practica que ha resultado exitosa en los llanos orientales (Subregión C), como se señaló anteriormente. Una amplia cobertura de bosque disminuiría el albedo ayudando a la termorregulación, le daría mas protección al suelo mejorando los procesos formadores e igualmente serviría de protección a la fauna.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Falcón, R; P. Marvéz y M. Larreal. 1990. Selección preliminar de áreas potencialmente maiceras en la región centro- oriental del estado Guárico. Convenio REUNELLEZ – Fundación Polar. Informe Final. Vicrectorado de Producción Agrícola – Guanare. 90 pp.
- Falcón, R. y P. Marvéz. 2000. Material de apoyo para el subproyecto análisis de la información edáfica, climática e hidrológica. Mención Manejo de los Recursos Agua y Suelo. Postgrado en Recursos Naturales, UNELLEZ. Guanare. 80 pp.
- González, V. C. 1987. Los morichales de los llanos orientales. Un enfoque ecológico. Ediciones CORPOVEN. 56 pp.
- Hetier, J. M; R. Schargel; O. Vallejo-Torres; G. Sarmiento y C. Gómez. (1993). Les sols de savane des llanos vénézuéliens et le sol ferrugineux tropical de Barinas Cah. Orstom sér. Pédol. XXVII 2:167-202.
- MARNR 1983. Sistemas ambientales venezolanos - región natural 29 - llanos orientales - estados Anzoátegui y Monagas. Proyecto Ven/79/001, Dirección General Sectorial de Planificación y Ordenación del Ambiente. Caracas. 254 pp.

- MARNR 1988. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Dirección de Hidrología. Sistema Nacional de Información Hidrológica y Meteorológica. Departamento de Procesos Automatizados. Mapa. Caracas.
- Marvéz, P; R. Schargel; B. Stergios y A. Utrera, 1998. Relaciones Fisiografía, Suelos v/s Biodiversidad en Bosques de Galería de los Llanos Occidentales. Informe Final. Fundación Polar. UNELLEZ. Guanare. 141pp.
- MOP (s/f). Mapas de isoyetas-llanos occidentales de Venezuela. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Planificación de Recursos Hidráulicos. Números de Meses Húmedos. Hojas 7, 8, 12 y 13. E: 1: 500.000. Caracas.
- PDVSA. 1992. Petróleos de Venezuela. Imagen de Venezuela. Una Visión Espacial. Caracas. Venezuela. Pag. 181-201.
- Ramia, M. 1993. Ecología de las sabanas del estado Cojedes: Relaciones vegetación – suelo en sabanas secas. Colección cuadernos FLASA. Serie Ciencia y Tecnología. N° 4. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Caracas. 99 pp.
- Sánchez, J. M. 1960. Aspectos meteorológicos del llano. Boletín Soc. Ven. de Cien. Nat. 21(97):323-351.
- Sarmiento, G. y M. Monasterio. 1975. A Critical consideration of the environmental conditions associated with the occurrence of savanna ecosystems in tropical America. En F. B. Golley y G. Medina: Tropical ecological systems; trends in territorial and aquatic research. New York, Springer – Verlag. Pag. 223-250.
- Schargel, R. 1972. Características y génesis de una cronosecuencia de suelos desarrollada sobre depósitos aluviales entre los ríos Boconó y Masparro, estado Barinas. *Agronomía Tropical* 22(4):345-373.
- Schargel, R. y P. Marvéz, 1995. Evaluación de las características de los suelos en una transición bosque-sabana en la planicie de desborde del caño Igüez, Edo. Portuguesa, Venezuela. XI Jornadas Técnicas de Investigación del Vicerrectorado de Producción Agrícola, UNELLEZ, Guanare. Memorias. Pág. 109.

Solórzano, R. 1999. Determinación del uso consuntivo de agua por el cultivo del arroz en condiciones de finca en Guanare, estado Portuguesa. Trabajo de grado MSc. UNELLEZ, Guanare. 288 pp.

Stewart, I. E. 1988. Response farming in rainfed agriculture. The Warf Foundation Press. Davis, California. Pag. 11-15.

UNELLEZ, 1983. Isoyetas. Precipitación Media Anual (mm). Período 1967 – 1981. Hoja 1. Vice–Rectorado de Producción Agrícola. Guanare.

UNELLEZ, 1986. Proyecto Apuroquia. UNELLEZ – CIDIAT – MARNR – Fondo de crédito Agropecuario. Barinas. Tomo VII: Pag. 79-91.

[www.accuweather.com\(2001\)cnnespanol.com/tiempo/2001/mapas/sa.sat.htm/](http://www.accuweather.com(2001)cnnespanol.com/tiempo/2001/mapas/sa.sat.htm/)

Zinck, A. 1970. Aplicación de la geomorfología al levantamiento de suelos en zonas aluviales. Ministerio de Obras Públicas, División de Edafología. Barcelona, Venezuela. 83 pp.



---

## GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS DE LOS LLANOS VENEZOLANOS

*Richard Schargel*

### INTRODUCCIÓN

Los Llanos, por su extraordinaria abundancia de recursos hídricos y edáficos, enclavados en el centro del país, son la mejor garantía para el progreso sostenido de Venezuela. La ocupación y el aprovechamiento de las tierras llaneras, de manera racional y sostenible, debe ser prioritario en los planes nacionales de desarrollo. Sin embargo, la utilización indiscriminada y poco eficiente de los recursos naturales de esta región está generando problemas ambientales, que podrían constituir una pesada carga para las generaciones futuras. La degradación y erosión de los suelos, la explotación excesiva de acuíferos y la pérdida de diversidad biológica por la excesiva destrucción de la vegetación natural, son problemas importantes en gran parte de los Llanos. A estos se suma el deterioro de la calidad y cantidad de las aguas superficiales, principalmente por la erosión en las cuencas altas que limitan por el oeste y norte con las tierras llaneras, pero también por la creciente contaminación de origen urbano, industrial y agrícola, además de la destrucción de los bosques de galería. En base a este panorama, este capítulo 5 y su mapa anexo aspiran presentar las características y distribución del recurso suelo en las tierras llaneras, incluyendo breves señalamientos sobre sus posibilidades y limitaciones bajo uso agropecuario. La información sobre los suelos proviene de diversos informes, generalmente poco accesibles, por lo cual se han incluido en los Apéndices características morfológicas, físicas y químicas de suelos representativos del Llano. El origen geológico y la evolución geomorfológica de los Llanos explica la notable diversidad de suelos existentes en esta región, topográficamente poco contrastante. La presentación de la definición y



descripción de los paisajes geomorfológicos tiene por objeto proveer al lector definiciones precisas, que permiten describir los paisajes del Llano y el entorno de los suelos. Se concluye con una breve descripción de la vocación pecuaria y forestal de las tierras llaneras.

## **DELIMITACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS TIERRAS LLANERAS**

### **Principales unidades geográficas**

Los Llanos del Orinoco están conformados por tierras bajas, con pocas elevaciones que superan los 300 msnm; en Venezuela ocupan alrededor de 260.000 km<sup>2</sup>, delimitados por el Sistema Montañoso del Caribe hacia el norte, el Escudo de Guayana y los Llanos Colombianos hacia el sur, la Cordillera de los Andes al oeste y el Delta del río Orinoco hacia el este. La geología superficial se caracteriza por la presencia de sedimentos del Terciario Superior y Cuaternario. Los sectores central y oriental han sido levantados suavemente, lo cual ha favorecido la erosión y el afloramiento de las formaciones del Terciario, especialmente en el sector central; en el sector occidental predomina la subsidencia y la acumulación de sedimentos (González de Juana *et al.*, 1980).

Los Cerros de El Baúl, constituidos por afloramientos de rocas del Paleozoico y Mesozoico y con elevaciones máximas alrededor de 500 msnm, contrastan con los llanos circundantes. Constituyen la expresión superficial del arco de El Baúl, un levantamiento del basamento de rocas antiguas, el cual separa la cuenca sedimentaria de Barinas – Apure de la de Venezuela Oriental. Sobre estas cuencas sedimentarias se encuentra emplazada la provincia fisiográfica de los Llanos. En Colombia, los Llanos se extienden entre la Cordillera Oriental de los Andes al oeste y el Escudo de Guayana hacia el este, uniéndose hacia el sur con tierras igualmente bajas de la Amazonía Colombiana, donde la sabana es remplazada por bosques húmedos, sobre superficies onduladas del Plioceno y Pleistoceno (Botero y Serrano, 1992).

Aunque el río Orinoco sirve de límite entre los Llanos y el Escudo de Guayana, existen algunos afloramientos del escudo rodeados por tierras llaneras, al norte y este del río. Por otra parte, al sur del tramo inferior del río

Orinoco se encuentra la Formación Mesa, característica de los Llanos Orientales de Venezuela.

Cuatro grandes paisajes geomorfológicos determinan una importante diversidad de suelos, vegetación y fauna en esta provincia fisiográfica. Estos son las planicies aluviales y eólicas, las altiplanicies conformadas por mesas tabulares separadas por valles y el paisaje de colinas y de superficies de denudación (Pouyllau, 1985). Las planicies aluviales predominan en el occidente y también ocupan el extremo nororiental de los Llanos. Planicies eólicas, con dunas estabilizadas por vegetación de sabana, se encuentran principalmente entre los ríos Arauca y Cinaruco, en el sur de los Llanos Occidentales. También ocupan extensiones menores al norte del eje fluvial Orinoco – Apure. En los Llanos Orientales se extiende una gran altiplanicie, con desniveles de hasta 150 m entre las mesas y el fondo de los valles; estos desniveles disminuyen progresivamente hacia el este. Una altiplanicie con desniveles alrededor de 20 m se extiende entre los ríos Cinaruco y Meta. Colinas y lomas con una topografía de ondulada a quebrada, mesas con variables grados de disección, glaciares coluviales y de explayamiento y superficies de erosión suavemente onduladas predominan en los Llanos Centrales (Comerma y Luque, 1971; COPLANARH, 1969; 1974b; 1974c; PINT, 1990).

Los Llanos colombianos están conformados por planicies aluviales y eólicas entre el río Meta y los Andes, mientras que hacia el este, entre los ríos Meta y Orinoco, se extiende una altiplanicie con una topografía plana a quebrada, debido a variables grados de disección. (Goosen, 1964; IGAC, 1983).

## **Origen geológico y evolución geomorfológica de la región de los llanos**

### ***Historia geológica***

Durante el período Cretácico, hace más de 65 millones de años, la mayor parte de los Llanos estaba cubierta por el mar, al igual que el resto del territorio venezolano al norte del Escudo de Guayana. Hacia fines del período, comienza una regresión marina debida al levantamiento del Cratón de Guayana y la acumulación de sedimentos provenientes del mismo (González de Juana *et al.*, 1980). Esta regresión continua durante el Cenozoico, interrumpida por

transgresiones marinas, en una evolución geológica de gran dinamismo, que determina el ascenso de las cordilleras de Mérida, Perijá y del Sistema Montañoso de la Costa, acompañado por el hundimiento de las cuencas circundantes y su relleno con sedimentos.

Durante el Paleoceno y Eoceno Inferior el mar se había retirado de la mayor parte de los Llanos Occidentales y de la parte sur de los Llanos Orientales. Un levantamiento generalizado de la zona occidental del país a fines del Eoceno Medio interrumpe la sedimentación en la Cuenca de Barinas – Apure, en la cual predomina la erosión. Esta condición persiste hasta el Mioceno Medio, cuando se inicia el levantamiento de la Cordillera de los Andes y la formación de una antefosa al sureste, la cual se rellena con sedimentos provenientes desde la cordillera incipiente (González de Juana *et al.*, 1980).

Según Díaz de Gamero (1996), hasta el Eoceno Medio, un gran río (Proto-Orinoco) fluía de sur a norte, entre la Cordillera Central de Colombia al oeste y el Escudo de Guayana al este, drenando una enorme cuenca baja, para terminar en un delta ubicado en la actual depresión del Lago de Maracaibo. Los levantamientos regionales a fines del Eoceno Medio desplazan el delta del Proto-Orinoco hacia el sureste. Hacia fines del Oligoceno, el recorrido de este río hacia el norte, se prolonga hasta desembocar en la parte occidental de la Cuenca de Falcón, afectada durante esa época por una marcada subsidencia. Esta ubicación del Proto-Orinoco, con un limitado desplazamiento de su desembocadura hacia el este se mantiene hasta fines del Mioceno Medio, cuando se inicia el levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia y de los Andes de Mérida, forzando al río a fluir hacia el este, en la dirección del curso actual del Orinoco.

Durante el Paleoceno y Eoceno Inferior, la Cuenca de Venezuela Oriental recibe principalmente sedimentos aportados por los ríos que drenan hacia el norte, desde el Escudo de Guayana; el levantamiento incipiente del sector occidental del Sistema Montañoso del Caribe a partir del Eoceno Medio determina aportes desde el norte. El Oligoceno y Mioceno se caracterizan por invasiones marinas. El levantamiento del Sistema Montañoso del Caribe a partir del Mioceno Medio, determina un incremento en el relleno sedimentario, al cual se suman los aportes del río Orinoco, cuyo delta avanza sobre esta cuenca, a partir del cambio de curso señalado por Díaz de Gamero (1996). El Plioceno

muestra el predominio de sedimentación continental en los Llanos, con ambientes salobres y deltaicos en los Llanos Orientales (González de Juana *et al.*, 1980).

El levantamiento de las cordilleras de los Andes y del Caribe fue muy marcado durante el Plioceno y continuó en el Cuaternario, provocando una intensa sedimentación en los Llanos, la cual continua hasta el presente, sobre extensiones importantes de los Llanos Occidentales y en el Delta del río Orinoco.

### ***Evolución y características geomorfológicas***

Los sedimentos cuaternarios más antiguos corresponden a la Formación Mesa, la cual constituye la altiplanicie de los Llanos Orientales. Está formada por arenas, algunas capas arcillosas y gravas, estas últimas frecuentemente cementadas para originar conglomerados ferruginosos. Los sedimentos tienen una gradación de gruesos a más finos desde la Serranía del Interior hacia el sur y desde el Escudo de Guayana hacia el norte (González de Juana *et al.*, 1980).

Zinck y Urriola (1970) señalan que el sector norte de la Formación Mesa está constituido por sedimentos provenientes de la Serranía del Interior. Estos fueron acumulados por surcos de escurrimiento de alta competencia momentánea y de funcionamiento esporádico, dando origen, próximo a la serranía, a un glacis de explayamiento, constituido por capas de cantos rodados poco seleccionados. Al incrementar la distancia del piedemonte, disminuye el diámetro de los cantos y las capas se disgregan en un haz de canales de grava que alternan con materiales arenosos. El glacis de explayamiento fue cubierto por una napa de explayamiento generalizada, constituida por materiales franco arenosos a franco arcillo arenosos. Como consecuencia de procesos erosivos, localmente afloran canales de explayamiento estrechos (20-30 m), constituidos por grava de arenisca y cuarzo, generalmente indurado por óxidos de hierro.

El sector sur de la Formación Mesa tiene su origen en el Escudo de Guayana (COPLANARH, 1974b). Predominan las napas de explayamiento generalizadas con texturas areno francosas a franco arcillo arenosas. Canales de explayamiento de 20 a 60 m de ancho, constituidos por grava de cuarzo, con diámetro generalmente no mayor a 2 cm e indurada por óxidos de hierro, forman montículos de hasta 15 m de alto. Estos canales a veces se cruzan en un

patrón anastomosado. Hacia el este, los sedimentos son más finos y tienen las características sedimentarias de una planicie de desborde con predominio de cubetas arcillosas. El espesor de esta Formación es variable, con un máximo de alrededor de 275 m reportado para la mesa de Maturín (González de Juana *et al.*, 1980), disminuyendo de norte a sur y hacia el oeste (Llanos Centrales).

Las características y la potencia de la Formación Mesa han sido atribuidas al levantamiento de las cadenas montañosas combinado con un clima semiárido a partir del inicio del Cuaternario (Zinck y Urriola, 1970). También el Escudo de Guayana fue afectado por levantamientos como lo demuestran cinco superficies de erosión, con elevaciones comprendidas entre 80 y 2900 msnm y edades comprendidas entre el Pleistoceno y Mesozoico (Schubert *et al.*, 1986).

Por otra parte, González de Juana *et al.* (1980) reportan una perforación de 214 m en Formación Mesa al suroeste de Maturín, constituida por sedimentos arcillosos; esto sugiere que durante la acumulación de esta Formación, el río Orinoco ocupaba el centro de los Llanos Orientales, transportando y depositando sedimentos finos, mientras que la arena y grava era depositada al norte y sur del cauce en sistemas de explayamiento.

La Formación Mesa fue modificada por deformaciones tectónicas locales, erosión regresiva, truncamiento de suelos, coluviación, sufusión y formación de corazas ferruginosas (Zinck y Urriola, 1970). Como consecuencia, se encuentra cortada por valles y la superficie de las mesas no refleja la topografía original del proceso sedimentario. Las capas induradas ocupan posiciones elevadas debido a su resistencia a la erosión. La sufusión origina depresiones ocupadas por lagunas permanentes o intermitentes, debido a hundimientos locales por la pérdida de sustancias (hierro, sílice, arcilla) arrastradas por aguas de infiltración. Localmente, la erosión regresiva origina tierras de cárcavas, las cuales se estabilizan cuando alcanzan capas resistentes, induradas por óxidos de hierro. Capas de coluviones cubren a suelos truncados por erosión formando planos suavemente inclinados. Hacia el sur, son comunes dunas, mantos eólicos y cubetas de deflación resultantes de la acción del viento (COPLANARH, 1974b; Mercier, 1976). Hacia los Llanos Centrales, la Formación Mesa ha sido desmantelada, persistiendo algunos fragmentos rodeados por formaciones exhumadas del Terciario y restos truncados cubiertos parcial o totalmente por glaciares coluviales y aluviones acumulados posteriormente (COPLANARH, 1974c; PINT, 1978; 1990; Berroterán, 1988).

El Cuaternario antiguo en casi todos los Llanos Occidentales se encuentra cubierto por formaciones más recientes. Aflora en el piedemonte, donde forma terrazas altas, mesas rodeadas por colinas y lomas pedregosas. Ha sido deformado por fallas locales y una flexura a lo largo de la base del piedemonte actual, indicando que la orogénesis continuó durante el Cuaternario, pero con intensidad decreciente (Zinck y Stagno, 1966). Estas mesas y terrazas corresponden a la Formación Guanapa, constituida por estratos macizos de conglomerados mal consolidados, arenas y arcillas (González de Juana *et al.*, 1980). También la altiplanicie entre los ríos Meta y Cinaruco parece corresponder al inicio del Cuaternario (Edafólogos Consultores S. A. 1981). Fue erosionada y cubierta posteriormente por sedimentos eólicos arenosos y limosos, identificándose el límite superior del Cuaternario antiguo por capas de nódulos y concreciones ferruginosas a profundidad variable y localmente en la superficie (Schargel, 1997). Esta altiplanicie continua en el territorio colombiano entre el río Meta y el Escudo de Guayana, mientras que al oeste del río, hasta el piedemonte de la Cordillera Andina, el Cuaternario antiguo ha sido cubierto por sedimentos posteriores.

Durante el resto del Cuaternario, mientras progresaba el desmantelamiento y disección de las Formaciones del Cuaternario antiguo y del Terciario exhumado, continuó la sedimentación sobre grandes extensiones de los Llanos Occidentales, en el extremo oriental de los Llanos y en los valles que cortan los Llanos Centrales y Orientales.

### ***Efectos de la evolución paleoclimática***

Durante los períodos glaciales, la marcada disminución de la temperatura determinó la expansión de los glaciares en las altas cumbres andinas. Aunque en los Andes venezolanos solamente ha sido detectada la acción de la última glaciación, no se pueden descartar las anteriores, cuyas evidencias posiblemente fueron borradas (Schubert y Vivas, 1993). La expansión de los glaciares y de las zonas periglaciales, estas últimas hasta elevaciones de apenas 2200 m.s.n.m, comparado con elevaciones de 3600 m.s.n.m en la actualidad, originó una erosión mecánica muy fuerte y la acumulación en los valles andinos de sedimentos de tamaño variable, formando conos aluviales y coladas de barro (Schubert y Vaz, 1987).

En gran parte de Sur América, al igual que en otras regiones tropicales del mundo, los períodos fríos se caracterizaban por una fuerte aridez (Damuth y Fairbridge, 1970; Tricart, 1985). Comparado con los períodos interglaciales, similares a la situación actual (Holoceno), los eventos glaciales se caracterizaban por una precipitación total menor y más esporádica, pero con importantes lluvias concentradas. Este régimen climático determinaba una cobertura vegetal más rala, que facilitaba la acción de la erosión. La inexistencia del lago de Valencia a fines del Pleistoceno, los campos de dunas estabilizadas por vegetación en los Llanos y la edad holocénica de las turberas ubicadas sobre los Tepuyes, son señaladas como evidencias de una mayor aridez para una gran parte de Venezuela a fines del Pleistoceno. Además, la presencia en los valles y piedemonte de los Andes de terrazas y conos aluviales constituidos por granzón, apoyan una sedimentación torrencial bajo un clima más árido en el pasado (Schubert, 1988). Sin embargo, no necesariamente estas consideraciones implican un clima árido en todas las áreas montañosas. El efecto de la orografía sobre las lluvias debe haber sido tan importante como en el presente; difícilmente se puede explicar un clima árido en áreas montañosas, donde actualmente las precipitaciones superan los 2000 y aun 3000 mm anuales. Por otra parte, la disminución de la precipitación puede haber sido compensada por la reducción en la evapotranspiración, consecuencia de la menor temperatura, favoreciendo la persistencia del bosque en muchas áreas, con especies tolerantes al frío, incluyendo algunas que actualmente están presentes a alturas mayores. Esto ha sido observado por Colinvaux (1993) en los Andes ecuatorianos.

Los núcleos de hielo de diferentes profundidades, obtenidos en Groenlandia y la Antártida, suministran un record de cambios de temperatura en la tierra en los últimos 250000 años (Thomson, 1993). Estos estudios muestran cambios marcados de temperatura en lapsos de pocas décadas, en los períodos glaciales e interglaciales previos al Holoceno, lo cual favorecería la persistencia de condiciones morfodinámicas inestables. También señalan estos estudios que los períodos interglaciales son relativamente cortos, terminado el penúltimo interglacial hace un poco más de 100000 años, después de durar 20000.

Con base en lo anterior, parece probable el incremento de la erosión durante los períodos glaciales por los fenómenos glaciares y periglaciares en la montaña, la inestabilidad climática y la expansión de zonas áridas.

La intensa erosión en los sectores montañosos durante los períodos glaciales no significaba una acumulación generalizada de sedimentos sobre las grandes planicies de los Llanos Occidentales. Los menores volúmenes de escorrentía, durante los períodos glaciales, concentraban la sedimentación en los valles y piedemontes de la cordillera de los Andes y en las planicies adyacentes. Allí se acumulaba el material grueso, mezclado con variables contenidos de finos. Hacia los sectores más alejados del piedemonte, en una planicie que puede haber sido semi-endorreica (PINT, 1984), se depositaban materiales finos a partir de cursos fluviales esporádicos, evaporando la mayor parte de las aguas antes de alcanzar los colectores principales. La presencia de suelos sódicos en los Llanos Occidentales ha sido atribuida al lavado de sedimentos salinos depositados a fines del Pleistoceno (Schargel, 1984). Estos suelos se encuentran dispersos en los Llanos Occidentales, siendo más comunes hacia el sector oriental de la gran planicie aluvial. Sobre ellos, es frecuente encontrar la palma llanera (*Copernicia tectorum*), la cual también es común en los Llanos Centrales, sobre suelos sódicos desarrollados a partir de las formaciones del Terciario (García-Miragaya *et al.*, 1990).

Durante los períodos glaciales, el volumen del aporte sedimentario de cada río a la planicie, estaba relacionado con la dinámica erosiva de cada cuenca en particular y con la capacidad de retención de sedimentos en los valles del río y de sus afluentes. Lo anterior explica la gran planicie de explayamiento construida por el río Santo Domingo durante el Pleistoceno Superior, ya que presentaba en la cuenca alta procesos glaciales y periglaciales sobre superficies extensas, además de poseer un valle relativamente angosto y abrupto.

El clima árido con lluvias esporádicas e intensas también debe haber afectado gran parte del Sistema Montañoso del Caribe, generando sedimentos que se acumulaban en los valles de los Llanos Centrales y Orientales. Los detritos que alcanzaban al río Orinoco fueron transportados más allá del delta actual, debido a que el nivel del mar estaba alrededor de 120 m más bajo que en la actualidad (Pérez- Hernández y López, 1998).

### ***Los campos de dunas***

Estas condiciones climáticas también favorecieron procesos eólicos con la formación de campos de dunas y de coberturas eólicas limosas. Estas últimas se encuentran principalmente al suroeste de los grandes campos de dunas al sur



del río Arauca, penetrando hacia el territorio colombiano. Fueron descritos por primera vez por Goosen (1964; 1971) en Colombia y posteriormente en Venezuela por Schargel y González (1973) y Edafólogos Consultores S. A. (1981). Las dunas son longitudinales, orientadas en dirección de los vientos alisios. Muchas dunas tienen una forma parabólica abierta hacia el suroeste, lo cual indica que el transporte de la arena fue solamente local (Tricart, 1985).

Aunque la formación de las dunas ha sido asignada a los dos últimos períodos glaciales, dataciones de dunas al norte y sur del eje Orinoco-Apure indican que se originaron durante el último período glacial (Roa-Morales, 1979; Vaz y García-Miragaya, 1989). Esto no quiere decir que toda la arena que actualmente se encuentra en los campos de dunas, fue transportada a los sitios donde actualmente se encuentra, durante el último período glacial. Por lo menos para el gran campo de dunas al sur del río Arauca, parece más probable que la arena fue acumulada durante varios glaciales. Durante los interglaciales las dunas eran estabilizadas por la vegetación y también sufrían un lento desmantelamiento por escurrimiento difuso, consecuencia de fuertes precipitaciones. Durante el siguiente período glacial, eran reactivadas, las arenas puestas en movimiento y expuestas de nuevo al sol. Por lo anterior, las dataciones por termoluminiscencia de cuarzo, como por carbono 14 sobre horizontes orgánicos enterrados, reflejan la última estabilización.

Las arenas están constituidas casi totalmente por cuarzo y su origen varía de acuerdo a la ubicación de las dunas. Las que se encuentran ubicadas sobre la altiplanicie oriental derivan directamente de esta, a partir de cubetas de deflación y de zonas con arenas sueltas, ubicadas en niveles de erosión y en vertientes coluviales, a lo largo de valles que cortan la altiplanicie (Mercier, 1976). Las arenas de las dunas que se encuentran en los Llanos Centrales próximas a restos de la Formación Mesa, muestran influencia de esta (Herrera y Heurtebise, 1974), habiéndose formado principalmente a partir de arenas arrastradas por cursos fluviales que desmantelan Formación Mesa. Para las dunas situadas hacia el occidente y específicamente para el gran campo de dunas al sur del río Arauca, la fuente de arena es menos evidente. Goosen (1964) considera que las dunas en los llanos colombianos fueron formadas a partir de las arenas de los cauces fluviales, con los cuales se encuentran estrechamente relacionadas. Sin embargo, las dunas en territorio venezolano, al sur del río Arauca, no mostraron una relación mineralógica con las arenas de los cauces actuales (Herrera y Heurtebise, 1974). Sin embargo, esta aparente

contradicción, pierde significado si se considera que las arenas fueron aportadas durante varios periodos glaciales y por diferentes ríos. Solamente una parte de la arena que actualmente se encuentra en las dunas, fue acarreada durante el último período glacial por los cursos fluviales adyacentes. Esto explicaría la presencia de la pequeña cantidad de minerales fácilmente intemperizables, mezclado con el cuarzo dominante, presentes en estas dunas (Malagón y Ochoa 1980). Consideramos entonces que estas arenas derivaron principalmente de los ríos andinos, sin descartar aportes del río Orinoco y de los glacis del escudo de Guayana, para dunas próximas y al suroeste de dicho río, tal como fue señalado por Edafólogos Consultores S. A. (1981).

### ***El Holoceno***

Durante los periodos interglaciales el clima fue más cálido y húmedo, disminuyendo la extensión afectada por procesos glaciales y periglaciales e incrementando la densidad de la cobertura vegetal. Como consecuencia, disminuyó la generación de sedimentos en las áreas montañosas. Los cursos de agua con mayor caudal y una menor carga de detritos, cortaban los depósitos aluviales acumulados durante el período glacial en valles y piedemontes. Además, aun bajo condiciones húmedas y con buena cobertura de vegetación se generan volúmenes importantes de sedimentos en las cuencas altas, especialmente a partir de formaciones geológicas frágiles, sobre las cuales es común observar enormes movimientos en masa, en áreas cubiertas por bosques densos. En las heridas originados por estos movimientos se instala la erosión hídrica.

El mayor caudal de agua permitió transportar y sedimentar los materiales retomados sobre grandes extensiones de la planicie. Dataciones por carbono 14 y por termoluminiscencia de cuarzo (Herrera y Tamers, 1971; Roa-Morales, 1981; Vaz y García-Miragaya, 1992), señalan que la acumulación aluvial durante el Holoceno fue mucho más extensa e importante de lo considerado en los estudios geomorfológicos y de suelos realizados en los Llanos. La mayor parte de la planicie de los Llanos Occidentales muestra cobertura de sedimentos holocénicos de espesor variable, desde capas delgadas hasta de varios metros. Esta dinámica sedimentaria durante el Holoceno es muy evidente en ciertas regiones del Llano, como por ejemplo entre los ríos Uribante Viejo y Arauca, donde numerosos cambios de curso de los ríos han sido reportados durante los últimos 200 años (Colmenares *et al.*, 1974). Otros ríos que mostraron una

importante sedimentación durante el Holoceno, son el Acarigua, Boconó, Guanare y Santo Domingo.

La fuerte intervención antrópica en la mayoría de las cuencas altas al norte del río Orinoco, significa un incremento en la generación de sedimentos, los cuales colmatan represas y favorecen cambios de cursos fluviales e inundaciones, que afectan a poblaciones y obras de infraestructura. Un incremento marcado en los aportes de sedimentos, combinado con los grandes caudales originados por las elevadas precipitaciones que caracterizan al Holoceno, significa una mayor dispersión de estos sedimentos sobre la planicie y el relleno de cauces, lo cual dificultará en forma creciente la navegación fluvial y hará impráctico el acondicionamiento de estos por medio del dragado. Los programas de conservación de cuencas son por lo tanto vitales para lograr el aprovechamiento eficiente de los recursos agua y suelo, en las grandes planicies de los Llanos Occidentales y en los valles de los Llanos Centrales y Orientales.

### **Definición y descripción de los paisajes geomorfológicos del Llano**

Comprende las planicies aluviales, eólicas, altiplanicies y los paisajes de ablación, incluyendo el colinar, la altiplanicie disectada y de denudación. La descripción de estos paisajes se basa en Zinck (1967, 1981), con algunas modificaciones de Schargel (1997).

#### ***Planicies aluviales***

Tienen pendientes generales inferiores a 1 % y desniveles locales menores de 10 m. La mayoría son planicies de desborde, formadas por la migración de cursos fluviales, a medida que la acumulación de sedimentos durante el desborde de los ríos, levanta los cauces y rellena sectores circundantes. También se encuentran cercanas al piedemonte planicies de explayamiento. Estas se formaron principalmente durante períodos áridos, a partir de cursos fluviales inestables, con régimen esporádico, en los cuales el material fue transportado en numerosos surcos, los cuales fueron modificados en cada creciente.

### *Planicie de desborde*

Incluye los tipos de relieve de llanura de desborde y vega. La primera es una amplia superficie plana que ocupa la totalidad o mayor parte de la planicie. El desnivel entre los sitios altos (bancos) y bajos (bajíos) comúnmente no es mayor de 3 m. La vega es una franja de terreno a lo largo del cauce de un río, más baja que la llanura adyacente (desnivel menor de 10 m). Su presencia indica que el río corta y remueve (entalla) sedimentos previamente depositados y que la acumulación de estos por desborde ha cesado o está disminuyendo. El orillar es la forma característica de las vegas, en las cuales también se encuentran bancos y bajíos.

#### Formas de terreno de la llanura de desborde

En las llanuras de desborde, se distinguen las siguientes formas de terreno, (las cuales generalmente pueden ser identificadas en fotografías aéreas): bancos, bajíos, esteros, orillares, desparramaderos, cauces abandonados, lagunas y pantanos.

Los bancos. Ocupan las posiciones relativamente altas y menos expuestas a inundaciones por desborde de ríos y a la acumulación de excesos de agua superficiales por lluvia y escorrentía local. Están constituidos por materiales de texturas medias a gruesas. Cuando se encuentran ubicados a lo largo de cursos fluviales pueden ser denominados bancos de orilla.

Los bajíos. Ocupan posiciones bajas y más expuestas a inundaciones. En ellos predominan las texturas finas. La mayoría de los bajíos sufren excesos de agua por la acumulación de lluvia y escorrentía local, con láminas usualmente no mayores de 25 cm. Algunos bajíos se inundan hasta más de 1 m por desborde de ríos. Sin embargo, las aguas de inundación se retiran con relativa rapidez al cesar el represamiento por los niveles altos de ríos y caños. Los bajíos con láminas menores de 30 cm usualmente tienen microrrelieve de lombrizal, formado por pequeñas protuberancias con una altura inferior a 25 cm, un diámetro inferior a 20 cm y separadas por pequeñas zanjas, con un ancho que frecuentemente es inferior a 15 cm. Es originado por la acción de lombrices de tierra, las cuales acumulan deyecciones para formar las

protuberancias, donde concentran su actividad, a medida que aumenta la lámina de agua.

Los esteros. Son un tipo de bajío que mantienen una lámina de agua hasta mediados o fines del período seco. La profundidad supera los 25 cm y frecuentemente alcanza entre 50 y 100 cm. El movimiento de las aguas superficiales generalmente se encuentra impedido por algún banco o el estero ocupa la parte más baja y cóncava de la llanura de desborde.<sup>1</sup>

Las lagunas y pantanos. Mantienen una lámina de agua permanente. Pueden estar secos por un período corto en algunos años. En el caso de la laguna, esta lámina es profunda y la vegetación es flotante. En los pantanos, la lámina de agua es poco profunda, permitiendo el desarrollo de vegetación enraizada en el suelo, el cual tiene un contenido muy alto de materia orgánica. Son comunes las ciperáceas y escasas las gramíneas.

Los orillares. Son formas complejas, constituidas por pequeños lomos o albardones con forma semilunar, constituidos principalmente por arena. Estos lomos se encuentran separados por depresiones o surcos igualmente semilunares, con texturas finas en las capas superficiales. El orillar se origina por migración lateral de los meandros de un río y frecuentemente está asociado con un cauce abandonado y lagunas en forma de herradura, las cuales representan meandros cortados. Se inunda por desborde del río, cuando está ubicado en una vega o se encuentra asociado con un cauce activo en una llanura aluvial. Los orillares asociados con cauces abandonados son afectados por encharcamiento de aguas de lluvia en los surcos.

Los desparramaderos. Representan un proceso activo de sedimentación, como consecuencia de un cambio total o parcial del curso de un río (salida de madre). El área afectada, generalmente bajíos y esteros, se rellena con sedimentos arenosos y más finos.

---

<sup>1</sup> Este comportamiento hidrológico del estero favorece la presencia de gramíneas de alto valor forrajero, especialmente paja de agua (*Hymenachne amplexicaulis*) y lamedora (*Leersia hexandra*) (Ramia y Morales, 1978).

Los cauces abandonados. Resultan del cambio de curso de los ríos y en ellos se manifiesta una sección, generalmente reducida del cauce original. Son formas estrechas, alargadas y sinuosas, bordeados por ambos lados por bancos o por orillares. En el primer caso, el cauce puede conservar un lecho arenoso formando una cañada seca o haber recibido un relleno parcial de materiales de textura media a fina. Los cauces abandonados asociados con los orillares, generalmente tienen un relleno parcial con materiales arcillosos.

#### Posiciones geomorfológicas de la llanura de desborde

Su identificación requiere investigación de campo, pudiéndose distinguir las siguientes posiciones: Albardón, cauce colmatado, cauce sin colmatar, cauce rellenado, explayamiento de ruptura, napa de desborde, cubeta de desborde y cubeta de decantación.

Los albardones. Son bancos estrechos a lo largo de los ríos o cauces abandonados, constituidos por sedimentos con predominio de arena. Las texturas más comunes son arena (a), arena francosa (aF), franco arenosa (Fa) y franco arcillo arenosa (FAa). La topografía es convexa y asimétrica, con una pendiente más suave en dirección contraria al cauce. No todos los ríos tienen un albardón. En el caso del río Apure, a la altura de la población de Bruzual, el banco de orilla corresponde a una napa de desborde. Los sedimentos arenosos se acumulan principalmente en el cauce, donde se observan islas de arena durante el período seco.

Los cauces colmatados. Son bancos estrechos, alargados y sinuosos, con topografía convexa y constituidos por materiales de texturas gruesas. En las capas más superficiales los contenidos de arena pueden ser menores (Fa y FAa). Esta posición geomorfológica se origina cuando un río cambia a un nuevo cauce, pero continúa acumulando materiales arenosos en el cauce en proceso de abandono, hasta el relleno total del mismo. El cauce colmatado incluye los albardones, si estaban presentes. Esta posición ha sido designada como brazo deltaico, considerándose más explicativo el término propuesto.

Los cauces sin colmatar. Consisten en depresiones estrechas, alargadas y sinuosas, con topografía cóncava y constituidos por materiales de texturas gruesas. Se trata de un cauce abandonado o madre vieja que no ha recibido relleno posteriormente al cambio de curso del río.

Los cauces rellenados. Si un cauce abandonado recibió sedimentos ricos en limo y/o arcilla, después del cambio de curso del río se origina un cauce rellenado. Si el relleno es total se origina un banco estrecho y sinuoso, con texturas superficiales medias a moderadamente finas, sobre materiales arenosos. El cauce con relleno parcial forma una cañada poco profunda, con texturas gruesas a profundidad variable, debajo de medias a finas.

Las napas de desborde. También designadas como napas de limos de desbordamiento, son bancos con topografía plana a ligeramente convexa. Las texturas son franco limosas (FL), franco arcillo limosas (FAL), franco arcillosas (FA) o francas (F), con dominio de limo y de arena muy fina (0,05 a 0,1 mm).

Las cubetas de desborde y de decantación. Son bajíos con materiales ricos en limo y de arcilla. En las cubetas de desborde las texturas son arcillosas (A) o arcillo limosas (AL). Las cubetas de decantación se distinguen por mayores contenidos de arcilla (60 % o más). En las vegas estas posiciones reciben respectivamente el nombre de depresión lateral y marginal.

Los explayamientos de ruptura. Son bancos con una configuración triangular. Se forman cuando ocurre una ruptura del banco de orilla, de manera que sedimentos ricos en arena son depositados repentinamente en bajíos. Predominan texturas gruesas (aF, Fa, y FAa).

### *Planicies de explayamiento*

La llanura de explayamiento es el tipo de relieve que caracteriza este paisaje. Las vegas, cuando presentes son consecuencia de un cambio drástico del régimen climático y fluvial, cesando la acumulación de sedimentos por explayamiento, formándose cauces definidos que entallan en la planicie. Las posiciones geomorfológicas que caracterizan esta llanura son los ejes y napas de explayamiento y los explayamientos de ruptura. También se presentan cubetas y en escasa proporción napas de desborde.

### Los ejes y napas de explayamiento

Los ejes son bancos alargados, rectilíneos, de tope plano y constituidos por materiales con abundante arena (texturas aF, Fa). Representan franjas donde ocurrió la máxima actividad de los surcos que acumulan

sedimentos. Próximo al piedemonte, los ejes de explayamiento están constituidos por grava y arena. Las napas de explayamiento son bancos amplios, con texturas similares a los ejes. Se forman cuando los explayamientos afectan a extensas áreas.

Los explayamientos de ruptura

Se forman cuando ocurre la salida del escurrimiento desde los ejes de explayamiento hacia bajos vecinos, las texturas son arena francosas a franco arenosas.

### ***Planicies eólicas***

Las pendientes generales son inferiores a 1 % y el desnivel entre estas planicies y las vegas de los ríos que las cruzan son inferiores a 10 m. Sin embargo, puede incluir dunas altas con más de 10 m de elevación. Los tipos de relieve de la planicie eólica son la llanura eólica plana, la llanura eólica con médanos (dunas) y la vega. Esta última resulta del entalle de los ríos dentro de la planicie eólica y contiene las mismas formas de terreno indicadas para las vegas de las planicies aluviales.

Las llanuras eólicas planas son superficies sin desniveles importantes, planas o suavemente onduladas. Pueden ser limosas o arenosas, de acuerdo a la textura del material depositado por el viento.

Las llanuras eólicas con médanos son superficies donde alternan médanos o dunas con depresiones. La topografía es ondulada, si existe una alta densidad de médanos. De lo contrario, predomina una topografía plana a suavemente ondulada, que alterna con áreas onduladas.

Las formas de terreno de las planicies eólicas observadas en el estado Apure son: Médanos, altos, planos, bajos, cañadas, rebordes, pantanos y lagunas (Schargel, 1997). Se proponen los términos de alto y bajo para las llanuras eólicas, como equivalentes de banco y bajío en las llanuras aluviales. El cambio de terminología se debe a que las relaciones de origen entre las formas es diferente en ambas llanuras. Banco y bajío lleva implícito una diferencia de textura, que no es el caso de alto y bajo.

### ***Los médanos o dunas***

Son formas elevadas sobre el terreno vecino, con perfil convexo, simétrico o asimétrico y de configuración variable, comúnmente estrechas, alargadas y de contornos rectilíneos. Constituidos por arena acumulada por el viento, predominan en los médanos las texturas arenosas. Las fracciones arena



fina y media son generalmente las más abundantes. La arena gruesa y muy gruesa es escasa.

De acuerdo a la forma y su relación con la dirección del viento, se distinguen en el país, dunas longitudinales, transversales y barcanas. Con relación a la dirección del viento dominante, las longitudinales se orientan paralelamente y la transversales forman cordones perpendiculares. La barcana tiene forma de media luna, con las puntas orientadas en la dirección hacia la cual sopla el viento. Su perfil es disimétrico, con una parte convexa y de pendiente suave, expuesta al viento y otra empinada y rectilínea en dirección contraria.

En el Llano, las dunas comúnmente tienen elevaciones inferiores a 10 m y son predominantemente longitudinales, observándose también algunas barcanas. Generalmente han sido desmanteladas parcialmente por erosión hídrica y eólica, durante y posteriormente a su estabilización por la vegetación.

#### *Los altos*

Son posiciones elevadas en las llanuras eólicas de origen diverso. Pueden ser bancos cubiertos por sedimentos eólicos limosos y también médanos desmantelados, en los cuales se ha perdido la forma original y la textura del material ha experimentado modificaciones, debido a la incorporación de limo y de arcilla durante el desmantelamiento.

En Apure meridional fueron descritos altos con elevaciones de unos 3 m sobre los bajos vecinos, que se distinguen de los médanos por ser más aplanados, menos convexos y sin un claro alineamiento con la dirección de los vientos alisios. Las texturas son arena francosas sobre franco arenosas, con contenido hasta 17,5 % de arcilla (Schargel y Aymard, 1993).

#### *Los planos*

Son coberturas eólicas limosas o arenosas, anchas y masivas, con topografía plana o con suaves ondulaciones. Las texturas son variables, de gruesas a medias. Se encharcan por un tiempo relativamente corto, durante los meses de máximas precipitaciones.

### *Los bajos*

Ocupan posiciones bajas, cóncavas y afectadas por la acumulación de excesos de agua superficial. Incluyen las depresiones alargadas entre médanos o en la llanura eólica plana, depresiones de forma variada, que drenan hacia cañadas. Las texturas son variables, de gruesas a finas.

### *Las cañadas*

Son formas bajas, estrechas, alargadas y cóncavas, que sirven de vías de drenaje hacia ríos y caños. Son poco profundas y sin un entalle marcado. Mantienen láminas de agua durante gran parte del año y los suelos, ricos en materia orgánica, permanecen saturados durante la sequía. Reciben el nombre de estero en los Llanos Orientales de Colombia; procesos de solifluxión parecen contribuir a su ampliación y alargamiento (Goosen, 1971).

### *Los rebordes*

Son franjas alargadas y estrechas que bordean las vegas de los ríos y caños, entallados en la llanura; tienen mejor drenaje que los planos contiguos.

### *Las lagunas y pantanos*

Tienen las características indicadas para las formas equivalentes en las llanuras aluviales. Son comunes en depresiones entre médanos, sin salida de drenaje; algunas lagunas ocupan depresiones excavadas por el viento (cubetas de deflación).

### *Altiplanicies*

Son extensiones planas o ligeramente onduladas, donde los ríos se encuentran entallados más de 10 m, formando valles y gargantas. Son antiguas planicies, elevadas por efectos tectónicos, lo cual origina el encajonamiento relativamente profundo de los cursos de agua. El tipo de relieve característico de la altiplanicie es la mesa, una porción de terreno elevada, extensa, plana o ligeramente ondulada, bordeada por valles y barrancos.

Las formas de terreno de la mesa dependen del origen de esta y de las transformaciones que ha experimentado. Si la altiplanicie es una antigua planicie aluvial pueden quedar evidencias de bancos y de bajíos. Sin embargo, por el efecto de deformaciones tectónicas y procesos erosivos posteriores, pueden desaparecer las formas originales. Es el caso de las mesas orientales, donde los antiguos cauces, constituidos por granzón cementado por óxidos de hierro, han quedado en una posición elevada, por su resistencia a la erosión. Además se han formado planos inclinados (glacis coluviales), con pendientes generalmente entre 1 y 3 %, por la acumulación de coluviones a lo largo de los desniveles originados por el tectonismo. También se han formado vallecitos por erosión regresiva, terrenos fuertemente disectados y depresiones de sufusión.

La altiplanicie en el sur del Estado Apure parece haber sido cubierta por sedimentos eólicos arenosos y limosos, que han borrado las formas aluviales originalmente presentes. Se describen por lo tanto, formas similares a las presentes en la llanura eólica plana, especialmente altos, planos, bajos, cañadas y rebordes. Los planos de las mesas tienen mejor drenaje que en las llanuras eólicas, ya que el encharcamiento se limita a pocos días después de lluvias intensas y prolongadas.

A medida que progresan las cañadas aguas abajo, se forman en ellas pequeños caños, los cuales desembocan en vallecitos de altiplanicie, caracterizados por vegas angostas y bordeadas por planos inclinados (glacis coluviales).

También se han observado pequeñas depresiones de sufusión, las cuales se forman por pérdidas de materiales arrastrados hacia capas profundas, por las aguas que infiltran en estas áreas.

### ***Paisaje colinar***

Es un paisaje de disección característico de los Llanos Centrales, donde la erosión ha dismantelado a las altiplanicies, originando colinas y lomas con desniveles entre las cimas y los valles adyacentes menores de 300 m. Las colinas tienen una circunferencia basal aproximadamente circular y las lomas son alargadas. Entre las colinas se encuentran pequeños valles coluvio-aluviales. Estos son de dimensiones reducidas y constan de una franja angosta de materiales aluviales transportados a lo largo del valle, bordeados y

entremezclados con coluviones provenientes de las vertientes vecinas. Las colinas de los llanos son en su mayor parte bajas (< 100 m), mientras que en el piedemonte de los sistemas montañosos son comunes las colinas altas (100-300 m). En los Llanos Centrales han sido designados como altiplanicie de denudación, amplios sectores con predominio de topografía suavemente ondulada y pendientes inferiores a 8 % (PINT, 1990).

### ***Los valles***

En el llano, los valles se encuentran dentro de las altiplanicies y los paisajes colinares. Son terrenos alargados, recorridos por cursos de agua y situados entre paisajes más altos. Incluye las unidades geomorfológicas depositadas por el río.

Los tipos de relieve característicos de los valles son: La vega, la llanura de desborde y las terrazas a diferentes niveles. La vega y la llanura de desborde han sido descritas anteriormente. Las terrazas son terrenos planos, altos y delimitados por un escarpe o talud. Se originan a partir de la acumulación de materiales aportados y posteriormente entallados o cortados por el río que lo recorre. Sobre las terrazas pueden presentarse bancos y bajíos o puede haberse modificado la superficie original, por procesos de erosión y deposición de sedimentos o como consecuencia de la actividad tectónica posterior a su formación.

## **SUELOS DE LAS PLANICIES ALUVIALES**

Están constituidos por sedimentos acumulados principalmente durante el Pleistoceno superior y Holoceno en los Llanos Occidentales, parte baja de los Llanos Centrales y en el extremo nororiental de los Llanos Orientales. Suelos similares también han sido descritos en los valles que cruzan estos últimos. Estas planicies han sido divididas en planicies aluviales actuales (fin del Holoceno), recientes (Holoceno), del Pleistoceno y asociaciones de estas, donde la escala del mapa no permite una separación adecuada. Además, se establecen subdivisiones por diferencias en suelos y geomorfología (ver mapa de paisajes y suelos en el Apéndice). La clasificación taxonómica de los suelos ha sido actualizada según *Soil Survey Staff* (1999).

### ***Planicies aluviales actuales***

Estas ocupan áreas de activa sedimentación aluvial, donde en épocas históricas, han ocurrido cambios en los cursos de los ríos y donde la mayor parte del área se encuentra cubierta por sedimentos de fines del Holoceno. No toda la superficie de estas planicies sufre sedimentación importante en la actualidad, sin embargo, están expuestas a eventuales cambios en los cursos fluviales y a la reanudación de la acumulación aluvial. Predominan suelos pertenecientes al orden inceptisol, seguido por entisoles y mollisoles. Estos suelos muestran escaso desarrollo pedogenético, limitado a lavado y acumulación de carbonatos, formación de estructura blocosa o prismática, alteración incipiente de minerales primarios con la consecuente liberación de hierro y de otros elementos, redistribución del hierro y manganeso por alternancia de períodos de oxidación y reducción y la acumulación de materia orgánica en los horizontes superficiales. La mineralogía refleja las características heredadas del material originario y varía de acuerdo al origen del sedimento. En la fracción arcilla son comunes la illita, caolinita, vermiculita y en menor proporción las esmectitas, mientras que en la arena y limo son comunes cuarzo, mica y feldspatos (Comerma, 1970; Dumith, 1973; Schargel, 1972).

Los Cuadros 5.1, 5.2 y 5.3 (Apéndice) incluyen datos sobre suelos seleccionados. La descripción de los perfiles de suelo referidos en este capítulo pueden verse en el Apéndice. Los perfiles 1, 2 y 3 muestran las características de los suelos que se desarrollan sobre las principales posiciones geomorfológicas de estas planicies.

Cinco sectores son suficientemente amplios para permitir su delimitación en el mapa a escala 1:4.000.000 (Apéndice), para el resto del llano son delimitados en asociación con las planicies recientes. Los sectores delimitados son: planicie actual con desborde parcial de la región de San Camilo (A1), planicie actual con desborde parcial del bajo Apure (A2), planicie actual con desborde total del bajo Apure (A3), planicie actual con desborde parcial ríos Acarigua – San Carlos (A4) y vega del río Orinoco (A5).

#### **Planicie actual con desborde parcial de la región de San Camilo (A1)**

Esta planicie ocupa 4910 km<sup>2</sup> y se formó por el desborde de los ríos Arauca, Sarare, Uribante, Nula, Burgua y Cutufí. Durante los últimos 100

años, los tres primero nombrados, han efectuado varios cambios en sus cursos, los cuales evidencian una dinámica fluvial actual muy intensa y el papel protagónico de estos ríos, en la formación de la planicie aluvial.

Se extiende desde los 240 m.s.n.m en el contacto con el piedemonte, hasta alrededor de 125 m.s.n.m, próximo a la población de Guasdalito. La mayor parte de esta planicie está formada por llanuras de desborde. Solamente en la franja cercana al piedemonte existen napas de explayamiento cortadas por las vegas de los ríos. La proporción de bancos es alta, especialmente en la mitad más próxima al piedemonte, donde cubren más del 50 % del área. La mayoría de ellos son napas de desborde. Los bajíos y especialmente los esteros, incrementan en la mitad oriental de esta planicie (Edafólogos Consultores S. A., 1981). El grosor de la sedimentación actual es mayor próximo al piedemonte, disminuyendo hacia el este, donde afloran sedimentos recientes rodeados por actuales. El microrrelieve de zuros o tatucos es común en esta planicie, afectando a los bajíos y con menor intensidad a los bancos. Este microrrelieve está constituido por montículos y zanjas formados por erosión reticular, con desniveles usuales de 1 m o menos (Stagno y Steegmayer, 1972).

Importantes extensiones de esta planicie sufren inundaciones a partir de los principales ríos, especialmente durante crecientes extraordinarias. Los bajíos y esteros más alejados de los ríos acumulan aguas de lluvia y escorrentía local.

Varios estudios han caracterizado los suelos de esta planicie (Colmenares *et al.*, 1974; Trujillo, 1971; Valerio y Chacín, 1981). Los Dystrudepts predominan en los bancos (Dystrustepts en el sector oriental con período seco más marcado, perfil 10). Son suelos moderadamente bien drenados, con texturas medias. El contenido de materia orgánica varía de 2 a 5% y la capacidad de intercambio catiónico efectiva es mediana a alta en los horizontes superficiales y mediana en los subyacentes. Las bases intercambiables generalmente disminuyen en profundidad y la mayoría de los suelos tiene entre 2 y 10 cmol kg<sup>-1</sup> de suelo. El pH generalmente fluctúa entre 4,5 y 5,5. Los suelos de los bancos bajos (< 1 m) tienen texturas moderadamente finas a medias, drenaje imperfecto y características químicas similares a los bancos más elevados. Son escasos los bancos con suelos arenosos (albardones y cauces colmatados). Estos son más bajos en bases, capacidad de intercambio catiónico y contenidos de materia orgánica.

En los bajíos y esteros (cubetas de desborde y de decantación) predominan los Endoaquepts en el sector occidental más húmedo y los Epiaquepts en el sector oriental con un período seco más largo. También han sido descritos Dystraquerts y Fluvaquents. Frecuentemente los sedimentos actuales son delgados en estos suelos, cubriendo a los recientes. Son suelos con drenaje pobre a muy pobre, texturas finas y contenidos de materia orgánica generalmente superiores a 3 %, alcanzando valores cercanos a 10 % en algunos perfiles. La mayoría tienen entre 5 y 10 cmol kg<sup>-1</sup> de suelo de bases intercambiables, alta capacidad de intercambio catiónico y pH entre 4 y 5. Los suelos sobre napas de explayamiento próximas al piedemonte, tienen horizontes con textura franco arenosa, franca y franco arcillo arenosa, sobre capas de textura gruesa y con cantos rodados a profundidad variable. Tienen drenaje algo excesivo a bueno, con contenidos de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables menores que en las napas de desborde. El pH varía de 4 a 5,5. Estos suelos se clasifican en general como Dystrudepts y cuando las capas de textura gruesa o con cantos rodados están a menos de 25 cm de profundidad como Udipsamments o Udorthents.

La precipitación media anual y la longitud del período húmedo se incrementan de este a oeste. En Guasualito, la precipitación media anual se aproxima a 1800 mm, concentrándose un 80 % en siete meses, de abril hasta octubre. La evapotranspiración potencial supera a la precipitación durante cuatro meses (diciembre a marzo) y ambos son aproximadamente equivalentes en noviembre. Los restantes meses tienen excesos de humedad. En el Nula, en el borde del piedemonte, la precipitación media anual se ubica alrededor de 2700 mm, concentrándose un 80 % en ocho meses, de abril a noviembre; solamente enero y febrero son meses secos. En ocho meses (abril a noviembre), la precipitación supera en más de 100 mm a la evapotranspiración potencial y en cinco meses (mayo a septiembre) en más de 200 mm. Marzo y diciembre tienen precipitaciones equivalentes a la evapotranspiración. La temperatura media anual es de 26,7 °C en Guasualito.

Predomina la vegetación de bosque, semideciduo al este y siempreverde en la parte central y occidental de la planicie. Vegetación dominada por hierbas, principalmente platanillo (*Thalia geniculata*), se encuentra en algunos esteros, con suelos muy arcillosos y con inundación prolongada. La mayor parte de los bosques ha sido deforestada, especialmente los de banco, para sembrar pastos y algunos cultivos permanentes (plátano, cacao) y de ciclo corto.

Este paisaje tiene un alto potencial para la producción agropecuaria y forestal, por la presencia de suelos con texturas medias, drenaje moderadamente bueno y características químicas que no significan limitaciones severas. Los tatucos constituyen una restricción importante para la utilización de estas tierras con maquinaria agrícola. Por las condiciones climáticas deben enfatizarse los cultivos permanentes y los pastos. La explotación forestal en plantaciones o en sistemas agroforestales tiene grandes posibilidades, las cuales deben ser investigadas, pudiendo ser la base de un desarrollo industrial en esta importante zona fronteriza. El caucho natural en plantaciones o como parte de sistemas agroforestales, pudiera establecerse en áreas deforestadas de bancos, en lugar de deforestar la selva sobre suelos frágiles en el Estado Amazonas. Una ventaja adicional para la introducción de esta planta a la región, sería la ausencia de algunas enfermedades localizadas en el lugar de origen.

La gran diversidad biológica que poseen los bosques húmedos tropicales, amerita la conservación de áreas boscosas sin intervención en este paisaje. Esto reviste una importancia especial, debido a la destrucción en el país, de la mayor parte de los bosques siempreverdes sobre planicies aluviales actuales y recientes, con suelos de fertilidad natural moderada a alta, comparado con los que sostienen bosques similares al sur del río Orinoco.

### **Planicie actual con desborde parcial del bajo Apure (A2)**

Ocupa una superficie de 4412 km<sup>2</sup> y corresponde aproximadamente a la zona con ríos y difluentes anastomosados de la llanura aluvial actual definida por Comerma y Luque (1971). Forma una franja alargada a lo largo del río Apure, aguas arriba de la población de San Fernando. Esta planicie se originó por el desborde del río Apure por intermedio de los cauces del Apure Viejo o caño Las Mercedes y del Apure Seco, a partir de los cuales se originaron numerosas difluencias. La sedimentación a partir de estos cauces estaba en una etapa final, ya que el curso actual del río Apure (caño Ruende), se encuentra ubicado en el sector norte de esta planicie. La construcción de diques en la margen sur del río, cortó el desborde de la planicie a partir del río Apure, por lo cual los bajíos y esteros se inundan principalmente por la acumulación de aguas de lluvia y escorrentía local.



Se extiende esta planicie entre las curvas de nivel de 60 y 45 m.s.n.m. La pendiente general es muy baja, apenas 1,25 m por cada 10 km. Predominan bancos amplios que encierran grandes bajíos y algunos esteros. Los bancos son predominantemente napas de desborde. Los bajíos y esteros son cubetas de desborde y de decantación. El estudio de la franja norte de esta planicie señala la presencia de un 41 % de bancos medios no afectados por inundaciones, 8 % de bancos bajos, 36 % de bajíos, 3 % de esteros, 11 % de orillares y menos de 1 % de médanos (Colmenares y Padilla, 1974). Aunque en la franja sur incrementan los bajíos y esteros, a expensas de los bancos, el área en su conjunto tiene amplias zonas poco inundadas. La presencia de médanos de fines del Pleistoceno, parcialmente enterrados bajo aluviones actuales, así como evidencias de sedimentos recientes a menos de 1 m de profundidad, en bajíos y esteros, indica que la sedimentación actual es de poco espesor, excepto en los bancos medios, donde es de varios metros.

En los bancos medios predominan los Haplustepts moderadamente bien drenados, con texturas medias a moderadamente finas, especialmente franco limosas y franco arcillo limosas (perfil 5). En algunos suelos de banco, aparecen texturas gruesas y moderadamente gruesas a menos de 1 m de profundidad (cauces rellenos). Los contenidos de materia orgánica comunes varían de 2 a 4 %. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la suma de bases intercambiables fluctúa entre 5 y más de 10 cmol(+) kg<sup>-1</sup> de suelo. Los pH predominantes fluctúan entre 5,6 y 6. En los bancos bajos predominan los Endoaquepts con drenaje imperfecto y características físicas y químicas similares a los suelos de los bancos medios.

Los suelos de los bajíos y esteros tienen texturas finas, principalmente arcillosa y arcillo limosa y drenaje pobre a muy pobre. El contenido de materia orgánica varía de acuerdo a la intensidad del pastoreo y de la frecuencia de las quemadas. En los bajíos generalmente no es mayor de 4 %, mientras que en los esteros puede alcanzar niveles cercanos a 8%. La capacidad de intercambio catiónico es muy alta y la suma de bases supera 10 cmol (+) kg<sup>-1</sup> de suelo. El pH predominante en los horizontes superficiales varía de 4,5 a 5, incrementando en profundidad a valores entre 6,1 y 6,5. Los suelos se clasifican principalmente como Epiaquepts (perfil 6) y algunos, con contenidos de arcilla superiores a 60%, como Dystraquerts. En los lomos y surcos semilunares de los orillares, predominan respectivamente suelos similares a los de bancos bajos y

bajíos, pero con capas de texturas gruesas y moderadamente gruesas, generalmente a más de 1 m de profundidad.

Los médanos tienen suelos de texturas gruesas y drenaje algo excesivo, que se clasifican como Quartzipsamments. Los horizontes superficiales tienen una capacidad de intercambio catiónico baja y entre 2 y 5  $\text{cmol kg}^{-1}$  de bases intercambiables; en los subyacentes la capacidad de intercambio catiónico es muy baja y la suma de bases inferior a 2  $\text{cmol kg}^{-1}$ . El pH varía entre 4,5 y 5,5.

La precipitación media anual se ubica entre 1300 y 1400 mm, con 80 % concentrado de mayo a septiembre. El período seco es intenso, con menos de 20 mm de precipitación media mensual de diciembre a marzo. La evapotranspiración potencial supera a la precipitación durante siete meses (octubre a abril) ambos siendo aproximadamente equivalentes en mayo. Solamente cuatro meses tienen excesos de humedad (junio a septiembre) en la mayoría de los años. La temperatura media anual oscila alrededor de 27,6 °C.

Los bancos están cubiertos por una vegetación de bosque semidecídulo con una gran abundancia de samanes (*Samanea saman*) la cual ha sido afectada fuertemente por deforestaciones. En los bajíos predomina el gamelote (*Paspalum fasciculatum*), especie típica de las áreas donde desbordan los ríos. En los sectores protegidos por los diques, esta especie tiende a desaparecer y es sustituida por otras gramíneas. El gamelote prospera con inundaciones profundas de agua en movimiento, pero es poco tolerante al estancamiento de las aguas. En los esteros se observa la predominancia de diferentes especies, en la medida que varía la profundidad y persistencia de la inundación. Cuando es profunda y prolongada predomina el platanillo (*Thalia geniculata*) y la paja de agua (*Hymenachne amplexicaulis*). Al disminuir la profundidad de la inundación, disminuyen estas especies e incrementa la lambedora (*Leersia hexandra*) (Ramia y Montes, 1975). Los orillares por el relieve de lomos y surcos presentan frecuentemente una mezcla de vegetación de banco y bajío.

La presencia de bancos amplios, no afectados por inundaciones y con suelos fértiles, ha facilitado el desarrollo de la actividad agrícola en la zona, donde el cultivo del maíz ha adquirido importancia. Existen grandes posibilidades de desarrollar una actividad agrícola diversificada en los bancos, con la introducción del riego, utilizando las aguas del río Apure. También es posible promover el cultivo del arroz con riego, en los bajíos del área protegida por los diques. Es de suma importancia regular y reducir al mínimo la

utilización de agroquímicos tóxicos, por el peligro que estos productos representan para la fauna acuática y especialmente la pesca fluvial. La actividad pecuaria puede incrementarse marcadamente con la siembra de pastos en los bajíos donde está retrocediendo el gamelote y en los bancos en rotación con cultivos. El aprovechamiento de la vegetación natural es el uso más apropiado para los esteros. Es necesario controlar el pastoreo para evitar el incremento de especies indeseables, especialmente la campanilla o celedonia (*Ipomoea fistulosa*), la cual invade esteros y bajíos. Sería lamentable la desaparición de los bosques de samanes de este paisaje, por lo cual es necesario proteger algunas áreas. Los orillares constituyen excelentes zonas protectoras de la vida silvestre, debido a que bordean a caños y tienen irregularidades en el terreno, las cuales permiten el desarrollo de una mayor diversidad vegetal y animal, y limitan el aprovechamiento agropecuario.

### **Planicie actual con desborde total del bajo Apure (A3)**

Ocupa alrededor de 5439 km<sup>2</sup> y corresponde aproximadamente a la zona con predominancia de caños meándricos sin bosques de galería de la llanura aluvial actual, definida por Comerma y Luque (1971). En esta planicie ocurren desbordes de los ríos Apure y Arauca, represados por el río Orinoco, formándose en la estación de lluvias, una extensión continua de agua, donde apenas sobresale la parte más alta de algunos bancos y los médanos. Las características de este paisaje asombraron a Humboldt, quien lo consideró como un enorme delta interior, cuya hidrografía tiene pocos ejemplos en el mundo. La pendiente general es casi nula, apenas 12 cm por cada 10 km, entre San Fernando de Apure y la desembocadura del río Arauca en el Orinoco. La elevación es de apenas 35 a 50 m.s.n.m. En este paisaje predominan grandes bajíos, los cuales se inundan hasta más de dos metros, pero cuyas aguas se retiran con relativa rapidez, una vez que disminuyen las crecientes de los grandes ríos, al final del período de lluvias. También existen amplios esteros, que retienen agua durante una gran parte del período seco y algunas lagunas. Los bancos son escasos en este paisaje y se inundan en casi toda su extensión. Los ríos han formado orillares, fuertemente inundados. La presencia de sedimentos recientes y del Pleistoceno a poca profundidad y de médanos que sobresalen de varios metros a través del aluvión actual, indican que la sedimentación actual, es apenas una delgada capa en la mayor parte de esta planicie. Limita por el borde oriental con los potentes orillares del río Orinoco.

Los suelos son similares en sus características químicas y textura a los de la planicie aluvial actual parcialmente inundada, que delimita por el este y noroeste a este paisaje. Sin embargo, prácticamente todos los bancos tienen drenaje imperfecto o pobre y clasifican como Endoaquepts o Fluvaquents. También en los bajíos y esteros se observan Fluvaquents (perfil 7), además de los Epiaquepts y Dystraquerts (Edafólogos Consultores S. A., 1981). Los Fluvaquents tienen texturas medias a finas, sin estructura (masiva) y con capas enterradas con contenidos relativamente altos en materia orgánica. La suma de bases intercambiables generalmente superior a  $10 \text{ cmol kg}^{-1}$  de suelo, con capacidad de intercambio catiónico alta y con pH entre 4,5 y 5,5. En los orillares son comunes suelos con estratificaciones de texturas gruesas a medias, los cuales se clasifican como Endoaquents o Fluvaquents, de acuerdo a la distribución de materia orgánica en profundidad.

El clima es similar al de la planicie actual con desborde parcial del bajo Apure. Sin embargo, la precipitación media anual es mayor en la franja sur de esta planicie, donde alcanza valores comprendidos entre 1500 y 1600 mm.

Predomina el gamelote (*Paspalum fasciculatum*) tanto en los bajíos y orillares, como en muchos bancos. La vegetación boscosa es escasa, observándose en los bancos más altos y en algunos médanos. En los esteros abunda el platanillo y la paja de agua.

Este paisaje se ha utilizado tradicionalmente como pastizal de estación seca, ya que el ganado sufre un marcado deterioro durante las inundaciones. El incendio de los gamelotales para aprovechar los rebrotes es una práctica difundida. Las actividades agrícolas, principalmente cultivos de subsistencia, ocupan extensiones reducidas. La producción pecuaria es la actividad más acorde a las limitaciones del área. El búfalo (*Bubalus bubalis*), más tolerante a las inundaciones que el ganado vacuno y capaz de aprovechar con más efectividad la oferta forrajera, parece ser una mejor alternativa para producir carne y leche. También el aprovechamiento del chiguire (*Hydrochaeris hydrochaeris*) y de la baba (*Caiman crocodilus*), así como la piscicultura, brindan oportunidades sostenibles de aprovechamiento. La explotación pecuaria pudiera ser mejorada, mediante la construcción de plataformas de tierra de suficiente elevación, para no ser inundadas. Estos sitios elevados servirían para ubicar las instalaciones de la unidad de producción. La extracción del material originaría una laguna suficientemente profunda, para servir de reservorio de agua durante la estación seca, a las especies de fauna bajo explotación y a los

búfalos. La construcción de diques para proteger áreas y controlar las aguas por bombeo ha sido ensayada en el Hato La Guanota cerca de San Fernando de Apure. En estas condiciones, es posible producir con riego pasto y arroz. Sin embargo, estas planicies cumplen una importante función en el ciclo vital de peces de importancia comercial, por lo cual no se debe restringir su acceso a las zonas inundadas, por medio de diques a lo largo de los ríos o al encerrar grandes áreas por medio de terraplenes. La utilización de agroquímicos tóxicos para la fauna acuática debe ser evitada en este paisaje, por los potenciales daños que pudiesen originar los derrames en los cuerpos de agua.

#### **Planicie actual con desborde parcial ríos Acarigua – San Carlos (A4)**

Ocupa una superficie de 5757 km<sup>2</sup> y se formó por el desborde de los ríos Acarigua, Sarare y Cojedes, los cuales depositan aluviones ricos en carbonatos de calcio. Se extiende desde los 180 m.s.n.m en el contacto con el piedemonte, hasta alrededor de 80 m.s.n.m hacia el sur. La mayor parte de esta planicie está formada por llanuras de desborde. La proporción de bancos es alta, especialmente en la mitad más próxima al piedemonte, donde cubren más del 60 % del área. La mayoría de ellos son napas de desborde, mientras que los bajíos son principalmente cubetas de desborde (Larreal *et al.*, 1975; PINT, 1979, 1985). Esta planicie sufría fuertes inundaciones y divagación de los cauces, hasta que se logró el control de las aguas superficiales en la mayor parte de su superficie, mediante la construcción de canales de drenaje, siendo el más importante el canal piloto, que drena el área de Turén.

En esta planicie, predominan inceptisoles, seguido por mollisoles, entisoles y vertisoles. Los Haplustepts predominan en los bancos (perfil 9), con carbonatos de calcio a profundidad variable. Los mollisoles se distinguen por poseer un horizonte superficial más grueso y oscuro, pero son similares en las restantes características. Los Ustifluents sobre napas de desborde se caracterizan por poseer abundantes carbonatos a menos de 25 cm de profundidad (perfil 8). Además existen entisoles arenosos (Ustipsamments) sobre cauces colmatados. Los suelos de los bancos son moderadamente bien drenados, con texturas medias. El contenido de materia orgánica varía de 3 a 5 % y la capacidad de intercambio catiónico es mediana a alta. Las bases intercambiables superan 10 cmol kg<sup>-1</sup> de suelo. El pH varía entre 7 y 8,3 en la mayoría de estos suelos. Son escasos los bancos con suelos arenosos (albardones y cauces colmatados).

En los bajíos predominan los Epiaquepts con arcillas moderadamente expansibles. Son suelos con drenaje pobre, texturas finas y contenidos de materia orgánica generalmente superiores a 3 %. La mayoría tienen más de 15 cmol kg<sup>-1</sup> de suelo de bases intercambiables y una alta capacidad de intercambio catiónico. El pH se encuentra entre 6 y 7 en los horizontes superiores e incrementa en profundidad hasta más de 8 en las capas con abundante carbonatos de calcio. Próximo al piedemonte, existen pequeñas extensiones de suelos con granzón a poca profundidad (Ustorthents).

La precipitación media anual fluctúa alrededor de 1400 mm, con un período húmedo desde mayo hasta octubre. Noviembre es un mes de transición y el resto del año es seco. Los meses más lluviosos son junio y julio con precipitaciones medias mensuales cercanas a 250 mm. Durante los más secos la precipitación media mensual no supera 10 mm. La evaporación tiene valores máximos mensuales alrededor de 200 mm durante la sequía y un poco más de 100 mm durante los meses más lluviosos. La temperatura media anual se sitúa alrededor de 27 °C.

Esta planicie estaba cubierta por bosques semidecíduos muy ricos en maderas finas, especialmente caoba (*Swietenia macrophylla*). La explotación de estos bosques convirtió al estado Portuguesa en el primer productor forestal del país durante las décadas de los 40 y 50. Actualmente quedan apenas pequeños fragmentos de estos bosques, habiéndose destruido la reserva forestal de Turén. Las obras de drenaje que fueron iniciadas con el desarrollo de la colonia agrícola de Turén, permitieron una rápida ocupación de estas tierras por la agricultura mecanizada. Importantes extensiones se encuentran bajo riego, incluyendo Las Majaguas, sistema ubicado mayormente sobre esta planicie. Los principales cultivos son el maíz, arroz y caña de azúcar. También se siembra sorgo, ajonjolí, tomates y otros cultivos en menores extensiones. Hace un poco más de 10 años se sembraban extensiones importantes de girasol. El ajonjolí fue uno de los cultivos más importantes al iniciarse la agricultura mecanizada en esta región. La intensa mecanización y el monocultivo, que en algunos sectores han actuado durante más de 50 años, han contribuido al deterioro de las características físicas de los suelos (Pacheco, 1980). El sector oriental de esta planicie, en el estado Cojedes, presenta una utilización menos intensa, con una mayor proporción de las tierras bajo uso pecuario.

A pesar de las evidencias de degradación física de los suelos, esta planicie y las zonas circundantes constituyen el área de mayor importancia en cuanto a agricultura mecanizada en el país. Un manejo racional de estas tierras, disminuyendo la mecanización, implementando rotaciones de cultivos y prácticas de fertilización apropiadas, permitirá incrementar la productividad y a su vez conservar los recursos naturales. Por otra parte, es importante restaurar los bosques de galería, para reducir la contaminación y conservar la calidad de los ecosistemas acuáticos.

### **Vega del río Orinoco (A5)**

Se incluye en el llano la mitad oeste y norte de la vega de este río, la cual forma una franja que supera 10 km de ancho en algunos lugares, mientras que en otros es relativamente estrecha. Ocupa una superficie de alrededor de 5989 km<sup>2</sup>. Está formada por potentes orillares con una elevación de 4 a 6 m sobre el borde del lecho menor del río, depresiones laterales y lagunas. Los lomos semilunares del orillar forman bancos relativamente amplios, con sedimentos de textura media a moderadamente fina, mientras que las depresiones semilunares y laterales contienen materiales finos. Capas gruesas de arena pueden estar a más de 2 metros de profundidad, aunque se pueden encontrar intercalaciones con texturas arenosas más superficiales. Durante las crecientes del río, estas vegas se inundan durante más de 4 meses y en las partes más bajas por más de 6 meses, con láminas de 2 m o más de profundidad.

Los suelos de estas vegas fueron estudiados por Edafólogos Consultores S.A. (1981), PINT (1990) y Schargel *et al.* (1980). Predominan los Fluvaquents y los Endoaquepts, con texturas medias a finas, pH de 4 a 5,2, bases intercambiables en los horizontes superficiales de 3 a 10 cmol(+)kg<sup>-1</sup> y capacidad de intercambio catiónico moderada a alta.

Estos suelos están cubiertos por bosques de galería y extensiones menores de sabanas de *Paspalum fasciculatum*. En algunos sectores, se siembra algodón y cultivos de subsistencia y se pastorea ganado vacuno cuando bajan las aguas del río. Los cultivos solamente son factibles en los sectores donde las aguas se retiran con rapidez; ellos no producen mayor impacto sobre el río, ya que no requieren la aplicación de biocidas. Sin embargo, es necesario preservar la mayor parte de estas vegas bajo vegetación natural por su importancia en la

reproducción y alimentación de los peces y de otros elementos de la fauna silvestre.

### ***Planicies aluviales recientes***

Estas planicies ocupan áreas donde la sedimentación aluvial ha cesado. Las inundaciones ocurren principalmente por acumulación de excesos de aguas de lluvia, escorrentía local y en algunas áreas por el represamiento de las aguas superficiales por las crecientes de los grandes ríos. Algunos sectores pueden ser alcanzados por desbordes durante crecientes extraordinarias, pero con escaso aporte de sedimentos, ya que estos quedan retenidos en las planicies actuales, por efecto del freno que ejercen sobre ellos la vegetación y las aguas acumuladas a partir de las lluvias y la escorrentía local.

Sobre estas planicies, se encuentra vegetación de sabana y de bosque. Las sabanas corresponden a las de banco, bajío y estero descritas por Ramia (1967) y ocupan suelos pobremente drenados, arcillosos o con horizontes pobremente estructurados y con alta densidad aparente. Los bosque se encuentran principalmente sobre bancos.

Predominan suelos pertenecientes al orden alfisol, seguido por vertisoles e inceptisoles. Estos suelos muestran mayor desarrollo pedogenético que los suelos de las planicies actuales. La acumulación de arcilla aluvial usualmente es suficiente para reconocer la presencia de horizontes argillic. La alteración de los minerales primarios es mayor y han disminuido los menos resistentes. La redistribución del hierro y manganeso, como consecuencia de la alternancia de períodos de oxidación y reducción, es más intensa, originando mayor abundancia, tamaño y cementación de los nódulos de óxidos de estos elementos. La mineralogía de la fracción arcilla es similar a la de los suelos de la planicie actual, aunque en ciertas condiciones incrementa el contenido de esmectitas (Schargel, 1972, Dumith, 1973). Los Cuadros 5.4, 5.5 y 5.6 (Apéndice) incluyen datos sobre suelos seleccionados. En el mapa a escala 1:4.000.000 (Apéndice) no es posible separar las planicies recientes de las actuales en la mayor parte del llano, por lo cual se establecen asociaciones de éstas.



### **Planicie reciente y actual entre los ríos Suripá y Arauca (RA1)**

Ocupa alrededor de 6128 km<sup>2</sup>. Se caracteriza por un patrón intrincado de bancos y de bajíos, lo cual favorece la acumulación de excesos de agua superficiales, además se encuentra parcialmente afectada por los desbordes de los ríos que cruzan esta planicie. Los Epiaquerts con texturas muy finas y drenaje pobre son los suelos más extensos en los bajíos, acompañados por Epiaquepts y Epiaqualfs, estos, aunque arcillosos, tienen contenidos de arcilla menores que los Epiaquerts. El pH en los horizontes superiores es inferior a 5,5 e incrementa en profundidad. Estos suelos tienen alta capacidad de intercambio catiónico y contenidos de bases intercambiables superiores a 5 cmol kg<sup>-1</sup>. Los suelos en los bancos son principalmente Haplustalfs y Dystrustepts con drenaje moderadamente bueno a imperfecto, texturas medias, pH entre 5 y 5,5 y moderada capacidad de intercambio catiónico (PINT, 1985).

El clima se caracteriza por precipitaciones medias anuales entre 1700 y 2000 mm, con una estación seca de alrededor de 4 meses. La vegetación es de sabanas y bosques.

La producción de ganado sobre pastos naturales y establecidos es el uso más extendido en estas tierras, acompañado por la producción de algunos cultivos, principalmente de subsistencia. El área incluye la importante reserva forestal de Caparo, en la cual se realiza la explotación de madera bajo planes de manejo. Los problemas de drenaje y el patrón intrincado de bancos y bajíos limitan la producción de cultivos sobre superficies amplias y favorecen más bien al uso pecuario. La producción forestal en la reserva forestal, en plantaciones y en combinación con la producción pecuaria, constituye una alternativa importante para mejorar el aprovechamiento de los recursos de esta planicie.

### **Planicie reciente y actual entre los ríos Uribante y Acequia (RA2)**

Ocupa una superficie de 5448 km<sup>2</sup>. En ella alternan franjas de planicies actuales y recientes, las cuales, próximo al piedemonte, delimitan con planicies del Pleistoceno con predominio de ultisoles (perfil 22), cuya extensión reducida no permite su representación a la escala del mapa. La proporción de bancos es elevada, no inferior a 50 %. Los desbordes de ríos son locales, excepto durante

crecientes extraordinarias, cuando las extensiones afectadas son mayores. Excesos de agua por lluvia y escurrimiento local afectan a los bajíos, pero la mayoría drenan rápidamente al cesar las lluvias.

En las planicies actuales predominan Dystrudepts y Eutrudepts con texturas medias sobre los bancos y Endoaquepts finos en los bajíos. Los Dystrudepts y Endoaquepts son similares a los descritos en la unidad A1. Los Eutrudepts se diferencian de los Dystrudepts por una mayor saturación con bases y pH superior a 5,5.

En las planicies recientes predominan los Hapludalfs sobre bancos, con predominio de texturas medias, aunque el horizonte argillic puede ser fino. El pH es inferior a 5,5 y la suma de bases generalmente menor a 5 cmol kg<sup>-1</sup>. En los bajíos predominan los Endoaqualfs con texturas medias en los horizontes superficiales y finas en los subyacentes. Tienen pH inferior a 5,5 y un contenido de bases intercambiables inferior a 5 cmol kg<sup>-1</sup> en la mayoría de los horizontes. Los vertisoles no son frecuentes en esta planicie (PINT, 1985).

Las precipitaciones medias anuales fluctúan entre 1600 y 2200 mm anuales y la estación seca es inferior a 4 meses. Predominaba la vegetación de bosque, con sabanas principalmente en bajíos con suelos arcillosos y drenaje pobre a muy pobre. Las características climáticas, aunadas a la presencia de extensiones importantes de suelos con drenaje moderadamente bueno, favorecen el establecimiento de plantaciones de cacao, plátanos, palma aceitera y de especies forestales. También son favorables para el establecimiento de pastos para ceba y producción de leche. Actualmente, predomina el uso pecuario, con extensiones menores bajo cultivos permanentes y anuales. La reserva forestal de Ticoporo se encuentra parcialmente ubicada en esta planicie, habiéndose destruido la mayor parte de ésta reserva, como consecuencia de la penetración de actividades agropecuarias.

### **Planicie reciente y actual entre los ríos Acequia y Acarigua (RA3)**

Ocupa una superficie de 13437 km<sup>2</sup> y está constituida por planicies actuales que rodean a extensiones menores de planicies recientes. La proporción de bancos es elevada, ocupando cerca del 70 % de la franja próxima al piedemonte, disminuyendo al incrementar la distancia de este. Las inundaciones y los excesos de agua son similares a las de la planicie RA2,

aunque son menos prologados por la menor precipitación. En el contacto con el piedemonte se extienden planos inclinados con ultisoles similares al perfil 24, o con capas de granzón a menos de 1 m de profundidad.

Los suelos han sido estudiados por PINT (1985), así como numeroso levantamientos a mayor detalle. Los perfiles 1, 2, 3 y 4 representan a suelos típicos de la planicie actual, en la cual predominan los Haplustepts y Haplustolls sobre bancos y Epiaquepts en bajíos. Estos suelos tienen abundante mica, además de feldspatos y otros minerales de fácil meteorización, pero los contenidos de carbonatos de calcio son bajos, excepto en el sector comprendido entre los ríos Guache y Acarigua.

En la planicie reciente predominan los HaplustalFs sobre bancos (perfil 15), con texturas medias, pH generalmente entre 5,5 y 6,5 y saturación con bases moderada a alta. En los bajíos predominan los Epiaquerts arcillosos (> 60 % de arcilla) con alta capacidad de intercambio catiónico. El pH incrementa con la profundidad hasta más de 7, desde 4,5 a 5,5 en el horizonte superficial. Los contenidos de materia orgánica alcanzan valores superiores a 5 %. También se encuentran EpiaqualFs con texturas moderadamente finas a finas y características químicas similares a los Epiaquerts.

El clima se caracteriza por una precipitación media anual entre 1300 y 1600 mm y una estación seca que dura alrededor de 5 meses. La vegetación era predominantemente boscosa sobre los bancos y parte de los bajíos, mientras que las sabanas de bajío y estero caracterizaban los suelos peor drenados y más arcillosos. Aunque la intervención del hombre había afectado la cobertura boscosa desde épocas precolombinas, es durante los últimos cincuenta años cuando se reducen las grandes masas boscosas a pequeños fragmentos aislados.

El uso de estas tierras incluye importantes extensiones de cultivos mecanizados, algunos con riego. Los rubros más importantes son maíz, caña de azúcar y arroz. También se siembra algodón, sorgo, ajonjolí, yuca, musáceas, granos leguminosos y extensiones menores de hortalizas y frutales. Los sistemas de riego de los ríos Guanare, Boconó y Santo Domingo se encuentran en esta planicie. El uso pecuario ocupa una superficie mayor que la agricultura, con extensiones importantes de pastos introducidos. En algunos sectores han sido establecidas plantaciones forestales en gran escala con eucaliptos, melina y pino caribe, aunque la mayoría de estas plantaciones se encuentran en el

pedemonte adyacente. También algunas plantaciones menores de teca y caoba. Esta planicie, por la abundancia de suelos aptos para la mayoría de los cultivos tropicales y la elevada disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas para el riego, constituye una de las áreas del país con mayor potencial para incrementar la producción agropecuaria. Al igual que para los suelos de la planicie A4, es importante evitar la degradación física de estos suelos, así como también la salinización por prácticas de riego inadecuadas. También es necesario restaurar los bosques de galería, con el fin de proteger los recursos hídricos y pesqueros. Las plantaciones forestales constituyen una alternativa para diversificar la producción en las unidades agropecuarias.

#### **Planicie reciente y actual del bajo llano (RA4)**

Ocupa 26480 km<sup>2</sup> de planicies bajas al norte del río Apure, fuertemente afectadas por el desborde de ríos y el represamiento de aguas superficiales. Predominan grandes bajíos los cuales ocupan más de 60 % del área. Los sedimentos actuales forman capas de menos de 50 cm sobre las planicies recientes y también ocupan franjas donde son más gruesos. Localmente afloran o se encuentran a poca profundidad suelos sódicos y médanos de fines del Pleistoceno. Los médanos se encuentran principalmente en el extremo oriental de esta planicie, mientras que los suelos sódicos, más comunes en el sector oriental, también se localizan en el centro y occidente de esta planicie.

Estos suelos han sido estudiados a nivel gran visión (PINT, 1979, 1985, 1990), con escasos levantamientos a mayor detalle. En los bajíos y esteros predominan suelos pertenecientes a los grandes grupos Epiaquepts, Epiaquerts, Dystraquerts y Epiaqualfs (perfiles 13, 14 y 17). Los vertisoles generalmente tienen contenidos de arcilla superiores a 50 %, mientras que en los Epiaquepts y Epiaqualfs los contenidos de arcilla varían entre 30 y 60 %. Los Epiaqualfs tiene horizontes superiores con texturas medias a moderadamente finas y fuertes incrementos de arcilla en las capas subyacentes. En general, las bases intercambiables incrementan con la profundidad y superan 10 cmol kg<sup>-1</sup>. También en los Epiaquepts y los Epiaqualfs el pH es inferior a 5,5 en los horizontes superiores y tiende a incrementar en las capas profundas, al igual que las bases intercambiables.

En los bancos más elevados, predominan los Haplustalfs y Haplustepts con características similares a los de la planicie RA3. En los bancos bajos,

predominan Endoaqualfs con drenaje imperfecto a pobre, texturas medias y características químicas similares a los suelos de los bancos más elevados. Suelos sódicos son comunes en esta planicie y se clasifican principalmente como Natraqualfs (perfil 19). También algunos vertisoles tienen elevados contenidos de sodio intercambiable a menos de 1 m de profundidad, clasificando como Natraquerts. Sobre los médanos se encuentran suelos arenosos y ácidos, similares a los suelos de las planicies eólicas situadas al este, los cuales clasifican como Quartzipsamments.

La mayor parte de esta planicie tiene precipitaciones medias anuales entre 1200 y 1400 mm y una estación seca que varía en longitud de 5 a 6 meses. Los sectores más húmedos, con precipitaciones de hasta 1600 mm anuales se localizan en el extremo occidental, a lo largo del río Apure.

La sabana de *Paspalum fasciculatum* predomina en esta planicie, con sabanas de banco, bajío y estero en las áreas poco afectadas por desborde de ríos. Los bosques se encuentran principalmente sobre bancos y a lo largo de cursos fluviales.

La cría y levante de ganado de carne, basado en el aprovechamiento de pastos naturales, es la actividad agropecuaria más importante. La siembra de pastos introducidos está incrementando y en algunos sectores se produce arroz. El predominio de suelos arcillosos, pobremente drenados y las prolongadas inundaciones limitan severamente la expansión y diversificación de cultivos. Sin embargo, esta planicie tiene condiciones favorables para la producción de carne y leche con ganado bufalino, el cultivo del arroz, la piscicultura y la explotación racional de la fauna, especialmente la pesca fluvial y la producción de cuero y carne de babas (*Caimán crocodylus*) y chigüires (*Hydrochoerus hydrochaeris*). La producción de arroz debe ser efectuada con un mínimo de biocidas, para evitar la contaminación de cuerpos de agua y la destrucción de la fauna asociada.

### **Planicie reciente y actual entre los ríos Acarigua y San Carlos (RA5)**

Esta planicie forma una franja relativamente angosta, de alrededor de 1561 km<sup>2</sup>, a lo largo del piedemonte, en el contacto de la cordillera de los Andes con el sistema montañosos de la costa. Consiste principalmente de planicies recientes, que incluyen planos inclinados y pequeñas planicies del

Pleistoceno y se encuentran cortadas por planicies actuales donde ocurren desbordes de ríos. Las características climáticas son similares a las indicadas para la planicie A4.

Además de estudios del PINT (1979, 1985), esta planicie ha sido parcialmente cubierta por varios levantamientos semidetallados. Predominan HaplustalFs sobre los bancos y EpiaqualFs y Epiaquepts en los bajíos. Los HaplustalFs varían en cuanto a su drenaje de bueno a imperfecto y tienen texturas medias a moderadamente finas. Generalmente, tienen un pH superior a 5,5 y en algunos casos presentan carbonato de calcio en la parte inferior del perfil. Los EpiaqualFs y Epiaquepts tienen texturas finas y drenaje pobre, frecuentemente tienen nódulos de carbonato de calcio en los horizontes inferiores. El pH puede ser inferior a 5,5 en los horizontes superficiales, incrementando en profundidad.

En las franjas con sedimentos actuales predominan los Haplustepts, Haplustolls y Ustifluvents con características similares a los suelos equivalentes en la planicie A4. Sobre las superficies del Pleistoceno se encuentran ultisoles (perfil 24).

La casi totalidad de esta planicie se encuentra bajo uso agropecuario, el sistema de riego San Carlos y una parte del sistema de riego Majaguas se encuentran sobre esta planicie.

### **Planicie reciente y actual entre los ríos Tinaco y Guárico (RA6)**

Forma una franja de 3863 km<sup>2</sup> entre la altiplanicie disectada de los Llanos Centro- occidentales (AP5) y la planicie reciente y actual del bajo llano (RA4). Consiste principalmente de planicies recientes. Las actuales, afectadas por frecuentes inundaciones se extienden a lo largo de los ríos. La precipitación media anual es alrededor de 1300 m, con una estación seca de 5 meses.

Además del estudio “gran visión” del PINT (1979), gran parte de esta planicie ha sido cubierta con estudios de suelos semidetallados. Predominan los HaplustalFs sobre bancos y EpiaqualFs y Epiaquerts en bajíos. Los HaplustalFs tienen drenaje bueno (perfil 16) a imperfecto. Los EpiaqualFs y Epiaquerts (perfil 17) tienen drenaje pobre, texturas finas y un pH que incrementa con la profundidad, desde valores usualmente inferiores a 5,5 en la superficie.

Localmente aparecen suelos sódicos (Natraqualfs y Sodic Epiaquepts). Sobre los sedimentos actuales predominan los Haplustepts, Epiaquepts, Haplustolls y Ustifluvents con características similares a los suelos de la planicie A4.

La mayor parte de esta planicie se encuentra bajo uso agropecuario, con escasos sectores bajo vegetación natural. El sistema de riego de Calabozo, dedicado principalmente a la producción de arroz, se encuentra ubicado en esta planicie. La producción pecuaria sobre pastos introducidos constituye el uso más extendido.

### **Planicie reciente y actual de los llanos de Monagas (RA7)**

Se encuentra ubicada entre la altiplanicie y el delta del río Orinoco en el extremo oriental del Llano, donde ocupa 2484 km<sup>2</sup>. Consiste principalmente de planicies recientes. Las actuales se extienden a lo largo de los ríos y se encuentran afectadas por desborde. Cerca del delta, las aguas superficiales se encuentran represadas por la interacción de las mareas con las crecientes de los ríos. La precipitación media anual varía alrededor de 1300 a 1400 mm, con una estación seca de 4 meses.

En el sector occidental predominan suelos imperfectamente drenados con texturas medias (Endoaquepts) y excesivamente drenados con texturas gruesas (Quartzipsamments). También se encuentran Ustorthents con capas de grava y Dystrustepts con texturas medias. El pH de estos suelos varía de 4,6 a 6,5 (COPLANARH 1974a). La vegetación original era de bosque y sabana, actualmente sustituida principalmente por pastizales introducidos.

Hacia el noreste incrementa la proporción de suelos con drenaje imperfecto a muy pobre y texturas finas, los cuales fueron clasificados principalmente como Epiaquepts. Algunos tienen capas con plintita a menos de 150 cm de profundidad, las cuales corresponden a suelos enterrados del Pleistoceno. La vegetación era predominantemente de bosque y de pantanos herbáceos en la parte terminal del río Guanipa. Parte de la vegetación boscosa ha sido sustituida por pastizales introducidos y cultivos.

## **Planicie reciente del Alto Apure (R1)**

Ocupa 15014 km<sup>2</sup> en la parte norte y central del Estado Apure, al oeste de la población de Guasdualito hasta el Bajo Apure. Es aproximadamente equivalente a la llanura aluvial subactual de Comerma y Luque (1971). La mayor parte del área se extiende desde los 150 msnm hasta los 60 msnm; una franja angosta baja hasta casi 40 msnm, separando las planicies actuales del Bajo Apure al norte, de las planicies con médanos hacia el sur.

La forma de terreno más extensa es el bajío, encharcado por excesos de agua por lluvia y escorrentía local; además, las aguas se encuentran represadas por las crecientes de los grandes ríos. El desborde de los ríos se localiza en las vegas y algunos sectores a lo largo del río Apure. Los bancos, en su mayor parte, tienen elevaciones inferiores a 2 m sobre los bajíos adyacentes y una anchura que pocas veces supera los 500 m. Los esteros son comunes en algunas localidades con un patrón intrincado de bancos. Los principales ríos que cruzan esta planicie han entallado vegas poco profundas y de menos de 600 m de ancho.

La precipitación incrementa de norte a sur y de este a oeste. Los promedios anuales varían de 1400 mm en el noreste hasta alrededor de 1800 mm al oeste. El período seco abarca 5 meses en la mayor parte de esta planicie, disminuyendo a 4 meses en el extremo occidental.

Los suelos predominantes sobre los bancos son los Haplustalfs, con texturas medias, pH entre 4,5 y 5,5 y bases intercambiables que comúnmente varían entre 2 y 6 cmol kg<sup>-1</sup> de suelo. El perfil 12 representa un banco relativamente elevado, 1–2 m sobre los bajíos vecinos. En los bajíos predominan los Dystraquerts y los Epiaqualfs (perfil 13). Ambos tienen texturas finas, aunque los Dystraquerts tienen mayor contenido de arcilla usualmente superior a 60 %, mientras que los Epiaqualfs tienen texturas medias a moderadamente finas en los horizontes superficiales y finas en los subyacentes. Ambos tienen un pH inferior a 5 en los horizontes superficiales y valores superiores a 5,5 en las capas subyacentes, donde la suma de bases puede superar 15 cmol kg<sup>-1</sup>. En los esteros también predominan los Dystraquerts, pero con mayores contenidos de materia orgánica, la cual puede alcanzar valores entre 6 y 8 % en los horizontes superficiales. Localmente, se encuentran suelos sódicos (Natraqualfs) principalmente en bajíos. Cerca del contacto de esta



planicie con la planicie del Pleistoceno del Alto Apure, es común encontrar suelos con horizontes enterrados con plintita a menos de 2 m de profundidad.

La vegetación predominante es la sabana de banco, bajío y estero, Ramia (1967). En los bajíos abundan gramíneas con alto valor forrajero, principalmente lambedora (*Leersia hexandra*) y jajato (*Panicum laxum*), las especies arbustivas son escasas. En los esteros también abunda la lambedora y paja de agua (*Hymenachne amplexicaulis*) donde la lámina de agua es más profunda. En esteros pastoreados excesivamente incrementan diversas ciperáceas. Los bancos tienen mayor variabilidad en la vegetación, incluyendo bosques deciduos y semideciduos, sabanas con “matas” y sabanas con escasos árboles.

Estas sabanas son utilizadas para la cría y levante de ganado de carne con buena disponibilidad de pastos naturales durante el período lluvioso e inicios de la estación seca. En una superficie importante de estas sabanas ha sido construida una red de diques bajos (sabanas moduladas), para retener agua y mantener pastos en crecimiento durante la estación seca. La agricultura vegetal se encuentra limitada por el predominio de suelos con texturas finas, drenaje pobre y excesos de agua superficiales. El único cultivo con potencial es el arroz. Sobre los bancos más elevados es posible sembrar diversos cultivos, pero su extensión es pequeña y fragmentada. Las mejores posibilidades para el desarrollo de esta planicie lo constituye el mejoramiento de la ganadería, la piscicultura y el aprovechamiento del chigüire (*Hydrochoerus hydrochaeris*) y de la baba (*Caiman crocodilus*). Además se han desarrollado con mucho éxito actividades turísticas en algunos hatos ganaderos.

### **Planicie reciente y del Pleistoceno de los Llanos de Monagas (R2)**

Se encuentra ubicada entre la altiplanicie y la planicie cenagosa del río San Juan, en el extremo nororiental del Llano, ocupando apenas 281 km<sup>2</sup>. Ha sido formada principalmente por desborde del río Guarapiche. Incluye planicies del Pleistoceno hacia el oeste, mientras que la proporción de planicies recientes aumenta hacia el este. La precipitación media anual varía entre 1400 y 1600 mm, con una estación seca menor a 4 meses.

En esta planicie, predominan los bajíos afectados por la acumulación de excesos de agua de lluvia y de escorrentía local. Además, hay sectores

afectados por el desborde del río Guarapiche. Los suelos fueron estudiados por COPLANARH (1974a). Sobre las superficies del Pleistoceno predominan Paleaquults con horizontes con plintita a menos de 1 m de profundidad, texturas finas y pH inferior a 5,5. Sobre los bancos se encuentran Paleustults con texturas medias. Aunque en el estudio de COPLANARH (1974a), estos suelos fueron clasificados como Plinthaquults y Plinthustults, investigaciones sobre los suelos con plintita en Venezuela han mostrado que esta generalmente no es continua, ni ocupa la mayor parte de los horizontes, por lo cual estos suelos deben ser clasificados como Plinthic Paleaquults y Plinthic Paleustults respectivamente (Daugherty, 1975).

Sobre la planicie de desborde reciente del río Guarapiche predominan los Endoaquepts arcillosos, con inclusiones de Dystraquerts, en los bajíos. Son suelos con pH inferior a 4 en los horizontes superficiales, incrementando en profundidad a valores de alrededor de 6. En los escasos bancos se encuentran Dystrustepts con texturas medias y drenaje moderadamente bueno.

Esta planicie estaba cubierta totalmente por bosques, gran parte de los cuales están incluidos en la reserva forestal de Guarapiche. La mayor parte de la planicie no incluida en la reserva forestal ha sido deforestada para la instalación de cultivos y pastizales, habiéndose construido obras de drenaje. El predominio de suelos con texturas arcillosas, con capas compactas a poca profundidad y drenaje interno deficiente, determina limitaciones permanentes para muchos cultivos, por lo cual el uso pecuario tiende a ser más estable y competitivo.

### ***Planicies aluviales del Pleistoceno***

Ocupan las planicies que no han sido cubiertas por espesores importantes de sedimentos del Holoceno. Su edad varía desde el Pleistoceno superior tardío hasta el Pleistoceno inferior. Los suelos predominantes pertenecen a los ultisoles, con extensiones menores de alfisoles. En el mapa adjunto, solamente se delimitan las áreas más extensas, existiendo otras más pequeñas incluidas en las planicies recientes. Los sectores más extensos son:

En el contacto de la planicie con el piedemonte andino se encuentran planos inclinados (glacis coluviales y de explayamiento), con pendientes de 1 a 8 %, predominio de ultisoles y alfisoles, texturas areno francosas, franco arenosas, franco arcillo arenosas y franco arcillosas, pH inferior a 5,5 y baja

capacidad de intercambio catiónico (perfil 24). En el tramo norte de este contacto predominan Ustalfs y Ustults, mientras que en el tramo sur encontramos principalmente Udults. Estos suelos estaban bajo vegetación de sabana en el tramo norte y bajo bosque en el sector sur. Actualmente la mayoría se encuentran bajo pastizales introducidos y cultivos localizados. Esta franja es muy angosta para ser representada en el mapa anexo, excepto en dos sectores ubicados respectivamente al sureste de los ríos Santo Domingo y Bumbum, donde se extienden amplias planicies de explayamiento.

Al pie de las altiplanicies de los Llanos Centrales y Centro occidentales, se encuentran planicies del Pleistoceno constituidas en parte por materiales erosionados desde las altiplanicies. Estas planicies son suficientemente amplias en el estado Guárico para ser representadas en el mapa.

Entre los ríos Apure y Capanaparo y a lo largo del río Orinoco se encuentran planicies aluviales y eólicas del Pleistoceno, afectadas por excesos de agua. Los suelos predominantes son los Aquults con plintita a profundidad variable y Psamments sobre los médanos.

Al este de las altiplanicies de los Llanos Orientales, hasta el delta del río Orinoco, se extiende una planicie del Pleistoceno con predominio de ultisoles con plintita.

### **Planicie del Pleistoceno del río Santo Domingo (P1)**

Ocupa una superficie de 826 km<sup>2</sup> en el lado sureste del curso actual del río Santo Domingo, sector que fue estudiado por Zinck y Stagno (1966). Próximo al frente montañoso está constituida por una napa de explayamiento, la cual se abre en varios ejes de explayamiento, cuya separación aumenta a medida que incrementa la distancia del piedemonte. Los ejes de explayamiento forman bancos altos, de hasta 5 m de elevación y se encuentran separadas por bajíos (cubetas de desborde). También se encuentran explayamientos de ruptura y extensiones menores de napas de desborde que forman bancos bajos. Los bajíos sufren la acumulación de excesos de aguas superficiales por lluvias y escorrentía local. Esta planicie se extiende entre 200 y 100 m.s.n.m. La precipitación media anual varía entre 1400 y 1500 mm, con una estación seca de 5 meses.

La edad de esta planicie probablemente corresponde al último período glacial durante el cual la intensa erosión en la cuenca alta, debido a la acción glacial y periglacial, aunado a un clima seco en las cuencas bajas y el Llano, favoreció la acumulación por sistemas de explayamiento en los valles y las planicies próximas al piedemonte. El contenido relativamente elevado de minerales intemperizables en estos suelos no apoya la edad mayor asignada en los estudios previos. En efecto, análisis mineralógicos detallados de un suelo formado sobre un eje de explayamiento (Serie Barinas) mostraron además del cuarzo predominante, contenidos importantes de feldespatos y de mica en las fracciones de arena y limo. En los horizontes profundos es común la biotita, un mineral de fácil intemperización. En la fracción arcilla después de la remoción de óxidos de hierro, se encontró entre 45 y 51 % de caolinita por análisis termal diferencial y difracción por rayos-x, entre 20 y 25 % de mica, este último mineral cuantificado también por el contenido de potasio. El resto de la arcilla estaba constituida por intergrados 2:2-2:1, interestratificados con mica y vermiculita, además de trazas de cuarzo y de feldespatos (Schargel, 1978).

Sobre los bancos predominan los Paleustalfs (perfil 20) y en los bajíos los Albaqualfs (perfil 21). El material originario de los ejes de explayamiento era franco arenoso, pero como resultado de la intemperización de minerales primarios y de la migración de arcilla se formaron horizontes B con texturas arcillo arenosas y franco arcillo arenosas. Los suelos de cubetas muestran un fuerte incremento de arcilla en profundidad y un horizonte B muy compacto, con estructura prismática muy grande y conductividad hídrica muy baja. Los suelos sobre los explayamientos de ruptura tienen texturas franco arenosas sobre franco arenosas y franco arcillo arenosas.

La planicie se encontraba bajo uso pecuario extensivo, aprovechado la sabana de saeta (*Trachypogon plumosus*) sobre los bancos y la sabana con lambedora (*Leersia hexandra*), *Sorghastrum parviflorum* y otras gramíneas en los bajíos. Los pastos introducidos ocupan la mayor parte de esta planicie actualmente y se producen cultivos anuales mecanizados, principalmente maíz y sorgo sobre los bancos y arroz en bajíos. Los suelos de los bancos con una adecuada fertilización son aptos para una gran diversidad de cultivos anuales. Sin embargo, la retención de humedad aprovechable en los horizontes superiores es relativamente baja, por lo cual los cultivos son vulnerables a cortas sequías durante el período húmedo. Con riego complementario es posible sembrar una gran diversidad de cultivos anuales y permanentes. Los suelos de

los bajíos tienen escasas alternativas agrícolas, el arroz es el cultivo con potencial. Diversos pastos tolerantes a los excesos de agua pueden ser sembrados.

### **Planicie del Pleistoceno de Ticoporo (P2)**

Cubre 1438 km<sup>2</sup> adyacentes al piedemonte, correspondientes a las palnicies de los ríos Bumbum, Socopó, Michay, Zapa y Quiú. Su elevación en el contacto con el piedemonte es alrededor de 300 m.s.n.m, bajando a menos de 150 m.s.n.m hacia el sureste. Se trata de planicies de explayamiento con una cobertura final por desborde, frecuentemente de más de 1 m de grosor. Esta secuencia sedimentaria origina suelos con sustratos con grava y arena o con texturas franco arenosas a franco arcillo arenosas, cubiertos por horizontes con texturas medias a finas con contenidos relativamente bajos de arena. La intemperización de minerales primarios y la migración de arcilla en el perfil determina la presencia de horizontes B con texturas moderadamente finas a finas. Sin embargo, aun en los horizontes superiores de los suelos son comunes delgadas capas grava mezclada con fracciones finas, consecuencia de ocasionales explayamientos que interrumpían la acumulación por desborde. A lo largo de los ríos se encuentran vegas y llanuras de desborde recientes, entalladas menos de 6 m dentro de esta planicie. La precipitación media anual supera 1800 mm y la estación seca no supera tres meses.

Los estudios de PINT (1985) señalan el predominio de Udults, con drenaje moderadamente bueno a bueno. Son principalmente Hapludults y Paleudult (perfil 22). Algunos suelos con capacidad de intercambio catiónico más baja se clasifican como Kanhapludults o Kandiudults. Estos suelos se caracterizan por muy bajos contenidos de bases intercambiables, solamente los horizontes superficiales tienen niveles relativamente elevados cuando se encuentran bajo bosque. Sin embargo, este nivel disminuye rápidamente bajo cultivo, a menos que se apliquen enmiendas de cal o fosforita. También disminuyen bajo pastizales, pero más lentamente.

En áreas bajas, se encuentran suelos con drenaje imperfecto a pobre, que se clasifican como Aquults con características físicas y químicas similares a los Udults. El perfil 23 corresponde a un Kanhaplaquult con presencia de plintita. Suelos similares pero con un horizonte de acumulación de arcilla más grueso se clasifican como Kandiaquults. Si la relación CIC/arcilla es más alta, se

clasifican como Endoaquults o Paleoaquults, de acuerdo al grosor del horizonte de máxima acumulación de arcilla. Sobre las vegas y llanuras de desborde recientes se encuentran alfisoles, inceptisoles y entisoles.

Las características físicas, químicas y mineralógicas de varios suelos de la planicie del río Socopó fueron estudiados por Ochoa (1983). Los suelos más evolucionados fueron clasificados como ultisoles y oxisoles (Udox), ocupando los últimos una superficie pequeña. Los análisis por difracción con rayos-x muestran que la caolinita es el mineral más abundante en la fracción arcilla, acompañada por cantidades significativas de arcillas 2:1 y 2:2, incluyendo mica, clorita, vermiculita cloritizada y en algunos perfiles un contenido bajo o trazas de esmectitas. También dicha fracción contiene niveles bajos a elevados de cuarzo. Por otra parte, la composición química elemental de la fracción arcilla muestra contenidos de  $K_2O$  entre 1 y 2 %, lo cual equivale a 10 a 20 % de mica.

El cuarzo es el mineral más abundante en la fracción limo de la mayoría de los horizontes analizados, con cantidades menores de caolinita, mica y clorita. En la arena predomina el cuarzo, seguido por fragmentos líticos de arcillolitas, esquistos, areniscas y lutitas. Los feldespatos no superan 4%.

Análisis mineralógicos del perfil 22 mostraron características similares a las indicadas, excepto por un contenido de mica en la fracción arcilla cercano a 40%, basado en el contenido de  $K_2O$ . Además, este suelo contenía entre 3 y 4,4% de hierro libre (Fe) extraído con ditionito-citrato-bicarbonato (Schargel, 1978). La presencia de cantidades significativas de minerales 2:1 en la fracción arcilla, a pesar de la intensa lixiviación que experimentan estos suelos, sugiere que la edad de esta planicie no supera al Pleistoceno superior.

Esta planicie estaba cubierta por vegetación de bosque y en parte se encuentra dentro de la reserva forestal de Ticoporo. Este bosque ha sido deforestado por campesinos sin tierra para establecer cultivos de subsistencia, los cuales posteriormente son reemplazados por pastizales introducidos, al consolidarse unidades de producción de mayor tamaño. Esta ocupación también ha afectado la mayor parte de la reserva forestal.

El corto período seco y la ausencia de severos problemas de drenaje, favorecen el establecimiento de cultivos de plantación tales como palma

aceitera y cacao. Las condiciones son muy favorables para la producción forestal en plantaciones o en bosques naturales, así como también para la producción de pastos. Los sistemas agroforestales pudieran ser una alternativa para mantener la producción forestal en áreas donde el bosque ha sido eliminado. La reserva forestal debe ser protegida, por constituir uno de los pocos remanentes de los bosque húmedos de los Llanos Occidentales.

### **Planicie del Pleistoceno del alto Apure (P3)**

Ocupa 4661 km<sup>2</sup> rodeadas por planicies recientes, entre los ríos Apure y Arauca, aproximadamente entre 69° y 70° longitud este, entre 70 y 110 m.s.n.m. Está formada por amplios bajíos, con muy pocos bancos, con alturas que usualmente no superan 2 m. Algunos médanos dispersos en el área, la mayoría bajos, no ocupan más de 3 a 6% de la superficie. Los esteros son escasos y se encuentran relacionados a franjas de sedimentos recientes, depositados sobre esta superficie. Las vegas de los principales caños que cruzan esta planicie contiene aluviones actuales y recientes de grosor variable (Schargel, 1997).

Esta planicie ha sido afectada por erosión hídrica y eólica, las cuales han logrado borrar en gran medida las formas de terreno que caracterizan a las llanuras de desborde, incluso ha sido propuesta la hipótesis que esta planicie tiene una cobertura eólica limosa generalizada (Schargel y González, 1973; Edafólogos Consultores S.A. 1981). La estratigrafía de los suelos no apoya una cobertura eólica generalizada con un grosor importante (Schargel, 1997), permitiendo por otra parte identificar a las cubetas y napas de desborde como las posiciones geomorfológicas dominantes.

La edad de esta planicie correspondería al período interglacial anterior al actual, el cual finalizó hace un poco más de 100.000 años. Durante este período, al igual que en el presente, los llanos occidentales experimentaron una acumulación generalizada de sedimentos depositados en planicies de desborde. El clima más árido durante el siguiente período glacial favoreció la formación de algunas dunas a partir de cubetas de deflación y contribuyó al desmantelamiento parcial de las formas aluviales por la erosión. Los procesos aluviales estaban muy localizados, depositando sedimentos y sales en algunas depresiones. El clima más húmedo durante el Holoceno permitió que grandes volúmenes de sedimentos provenientes de la cordillera andina alcanzaran de nuevo a las planicies alejadas del piedemonte, cubriendo la mayor parte de las

planicie del Pleistoceno con sedimentos recientes. Las depresiones con sedimentos salinos dieron origen a suelos sódicos por el lavado de sales solubles y la persistencia de niveles relativamente altos de sodio intercambiable (Schargel, 1984). Estos suelos sódicos se encuentran adyacentes a suelos ácidos sobre la planicie del Pleistoceno y también en la planicie reciente, en lugares donde las antiguas depresiones salinas fueron cubiertas por capas delgadas de sedimentos del Holoceno.

La precipitación media anual varía entre 1500 y 1700 mm. Durante el período lluvioso los bajíos acumulan excesos de agua por lluvia y escorrentía local con láminas inferiores a 25 cm. Localmente las láminas son más profundas, debido a la acumulación de aguas represadas por las crecientes de los ríos. Estas planicies drenan rápidamente al finalizar el período lluvioso debido a la presencia de una red de pequeños caños poco profundos.

En los bajíos y bancos muy bajos predominan los Aquults con plintita a menos de 1 m de profundidad. Son suelos pobremente drenados, con texturas medias en los horizontes superficiales sobre capas con texturas medias a finas. El pH es inferior a 5,5 en la mayoría de los horizontes y los niveles de bases intercambiables son bajos. El contenido de arcilla en los horizontes superficiales es muy bajo y el limo tiende a ser alto. Los suelos se clasifican como Albaquults (perfil 25), Paleaquults y con menor frecuencia como Kandiaquults. Los horizontes superficiales, con bajos contenidos de arcilla, frecuentemente alcanzan el límite líquido cuando están saturados con agua (valor n alto), lo cual dificulta el desplazamiento del ganado y provoca el batido de los suelos.

En los bancos y médanos bajos, predominan los Paleustults con drenaje imperfecto y plintita a menos de 150 cm de profundidad. Los horizontes superficiales tienen texturas franco arenosas y arena francosas sobre texturas medias. Sobre los médanos altos se encuentran Quartzipsamments con drenaje algo excesivo y texturas arenosas. Los suelos de médanos y de bancos son tan ácidos y pobres en bases como los suelos de bajíos.

Análisis mineralógicos de suelos de esta planicie muestran el predominio de caolinita en la fracción arcilla con cantidades pequeñas de cuarzo, intergradados 2:1-2:2, mica y vermiculita. El cuarzo forma la casi totalidad de la arena y del limo (Daugherty, 1975; Yáñez, 1985). Se trata, por lo tanto, de



suelos fuertemente intemperizados, en los cuales la alternancia de encharcamiento y secado ha contribuido a la destrucción de arcilla en los horizontes superficiales por el proceso de ferrólisis definido por Brinkman (1979).

Esta planicie está cubierta casi totalmente por vegetación de sabana con muy pocos arbustos y árboles. A lo largo de los principales ríos y caños se encuentran bosque de galería inundados durante el período lluvioso, con un ancho que raras veces excede los 500 m. Los bajíos se caracterizan por la presencia de gramíneas con bajo valor forrajero, especialmente *Sorghastrum parviflorum*, *Mesosetum chaseae*, *Axonopus anceps* y *Andropogon bicornis*. *Leersia hexandras* y *Panicum laxum* son escasos. Donde las láminas de inundación son profundas abunda *Paratheria prostrata*. En los bancos y medanos predomina *Axonopus purpusii*, una gramínea baja con buen valor forrajero (Ramia, 1980).

Estas sabanas tienen un valor forrajero muy inferior al de las sabanas de las planicies recientes. Su uso tradicional ha sido la cría y levante de ganado de carne. Una superficie importante ha sido incluida en la red de diques que forma los módulos de Apure. Sin embargo, el incremento de las especies forrajeras deseables, como consecuencia de inundaciones más prolongadas, constantes y controladas, es más lento que en las planicies recientes.

La ganadería basada en el manejo racional de los pastos naturales es el uso apropiado a corto y mediano plazo. En las áreas moduladas es factible complementar la ganadería con la explotación del chigüire, de la baba y de la piscicultura. La siembra de pastos introducidos tiene pocas posibilidades en los bajíos, por el batido del suelo superficial saturado con agua por el pisoteo del ganado.

#### **Planicie del Pleistoceno del río Orinoco (P4)**

Cubre 1574 km<sup>2</sup> próximos a la vega del río Orinoco. En el mapa de paisajes solamente fue posible representar los sectores más amplios de esta planicie, la cual también se encuentra en el lado derecho del río. La elevación es de apenas 35 a 40 m.s.n.m. En estas planicies se acumulan aguas represadas por las crecientes del río Orinoco, cuya evacuación solamente es posible cuando

disminuye el gasto del río, a partir de septiembre. Esta planicie ha sido alcanzada en algunos sectores por desbordes durante el Holoceno, lo cual ha originado la acumulación de capas delgadas de sedimentos con texturas finas sobre los suelos del Pleistoceno. Esta planicie debe haberse formado durante el interglacial anterior al actual. Los desbordes del río Orinoco solamente alcanzaron este nivel durante los interglaciales, mientras que durante los períodos glaciales el nivel del río era más bajo, por las menores precipitaciones y el nivel más bajo del mar.

Las características de los suelos son similares a los de la unidad P3, con predominio de Aquults con plintita a menos de 1 m de profundidad. Las texturas de los horizontes superficiales son moderadamente gruesas a medias, excepto cuando están presentes coberturas recientes y actuales con texturas finas. En los horizontes B predominan texturas moderadamente finas a finas.

La sabana es la vegetación predominante en este paisaje, con una composición florística que depende del nivel de inundación. En los sectores afectados por desbordes del río con acumulación de sedimentos actuales, predomina la sabana de *Paspalum fasciculatum*. En el resto de la planicie la vegetación es parecida a la sabana de la unidad P3.

Esta planicie se utiliza para la producción extensiva de ganado vacuno y pudiera ser aprovechada en forma más efectiva para la explotación del búfalo.

### **Planicie del Pleistoceno entre los ríos Guárico y Guariquito (P5)**

Ocupa 1674 km<sup>2</sup> al sur de la población de Calabozo, entre los ríos Guárico y Guariquito, limita con la planicie reciente y actual del bajo llano por el sur. Se eleva aproximadamente entre 60 y 80 msnm. La precipitación media anual es alrededor de 1200 mm, con un período seco de seis meses, desde noviembre hasta abril. La precipitación media mensual desde diciembre hasta marzo es inferior a 15 mm.

Los suelos tienen un predominio marcado de sedimentos arcillosos en su parte media y profunda, lo cual sugiere que esta planicie se formó por desborde de sedimentos finos, aportados por los ríos Orituco y Guárico. Su edad probablemente corresponde al último período glacial del Pleistoceno superior, cuando las menores precipitaciones provocaron la retención de las arenas en los

valles aguas arriba de la planicie, llegando a ésta principalmente sedimentos finos.

La planicie se encuentra afectada en su mayor parte por excesos de agua originados por la acumulación de lluvia y escorrentía local. La mayoría de los suelos tienen drenaje pobre, texturas franco arenosas, francas o franco limosas en el horizonte superficial y arcillosas o arcillo limosas en el B. En algunos suelos aparece plintita a menos de 150 cm de profundidad. El pH varía de 5,3 a 5,9, la capacidad de intercambio catiónico entre 6 y 12 cmol kg<sup>-1</sup> y el porcentaje de saturación con bases incrementa en profundidad a niveles superiores a 50 %, debido a que aumenta el magnesio intercambiable. Hacia el este, donde esta planicie entra en contacto con los explayamientos provenientes del desmantelamiento de las altiplanicies, los suelos frecuentemente incluyen horizontes con plintita y nódulos de óxidos de hierro o cubren a capas cementadas por estos óxidos (PINT 1990).

Los suelos de esta planicie se clasifican principalmente como Albaqualfs y Epiaqualfs. Por la tendencia de sobreestimar la cantidad de plintita, podemos considerar que los Plinthaqualfs reportados en estudios previos son poco comunes.

Esta planicie está cubierta por sabanas, con *Panicum laxum* en los sectores afectados por excesos de agua y *Trachypogon* con chaparros y mantecos en las áreas mejor drenadas (PINT, 1990). El uso predominante de estas tierras es la ganadería extensiva de carne. El drenaje pobre y la presencia de horizontes con texturas arcillosas y permeabilidad lenta, limita el uso de estas tierras a la producción pecuaria y al cultivo del arroz, si existe disponibilidad de agua para el riego. La ganadería puede ser intensificada, estableciendo pastizales con especies forrajeras tolerantes a las condiciones de mal drenaje.

### **Planicie del Pleistoceno entre los ríos Guariquito y Manapire (P6)**

Ubicada al sur de la altiplanicie disectada de los Llanos Centrales, cubre alrededor de 3185 km<sup>2</sup>, entre 70 a 90 m.s.n.m. Una extensión importante de este paisaje se encuentra dentro del Parque Nacional Aguaro–Guariquito. La pendiente general es inferior a 1 %, pero incluye áreas muy suavemente onduladas (1-3%) y algunas lomas muy bajas (3-8 %). El origen de esta

planicie está relacionada con la erosión regresiva que ha estado desmantelando la altiplanicie (Formación Mesa) levantada durante el Pleistoceno inferior. Los sedimentos originados por esta erosión han sido depositados al pie de la altiplanicie, en una planicie de explayamiento que cubre a poca profundidad la Formación Mesa truncada, caracterizada por corazas conglomeráticas cementadas por óxidos de hierro. En la planicie, se distinguen ejes de explayamiento con abundante grava de cuarzo, nódulos de óxidos de hierro y de fragmentos de coraza. Localmente afloran las corazas conglomeráticas y la grava basal de cuarzo de la Formación Mesa, algunas veces formando lomas muy bajas. En las cubetas, que cubren aproximadamente el 70 % del área, se encuentran sedimentos más finos, generalmente con capas de grava de cuarzo y de nódulos de óxidos de hierro o corazas a profundidades menores de 2 m.

Los suelos de esta planicie han sido estudiados por PINT (1990). En las cubetas, afectadas por excesos de agua por acumulación de aguas de lluvia y escorrentías local predominan los Aquults con texturas medias sobre moderadamente finas a finas y drenaje pobre. La mayoría de estos suelos se clasifican como Kanhaplaquults (perfil 27) y Kandiaquults. Los contactos petroféricos a menos de 150 cm de profundidad son comunes en los primeros. Este contacto es definido por el límite entre el suelo y una capa indurada y continua, cementada por óxidos de hierro y con escasa materia orgánica. Cuando la capacidad de intercambio catiónico es un poco más elevada, suelos similares se clasifican respectivamente como Epiaquults y Paleaquults.

En los bancos (ejes de explayamiento) predominan los Kandiustults con texturas franco arenosas, francas y franco arcillo arenosas dentro de una matriz de grava cuarzosa. Localmente, donde se han depositado sedimentos recientes y ocurren inundaciones ocasionales, se encuentran Epiaquepts con texturas finas y drenaje pobre y Dystrustepts con texturas medias y drenaje imperfecto. Estos suelos tienen muy baja a baja saturación con bases, el pH varía entre 4,5 y 5,2 y la capacidad de intercambio catiónico desde menos de 6 hasta 12 cmol kg<sup>-1</sup>.

La precipitación media anual varía entre 1100 y 1200 mm, con una estación seca de 6 meses. Sobre los bancos y bajíos mejor drenados, predomina la sabana de *Trachypogon* (saeta), con cobertura variable de árboles achaparrados, principalmente mantecos (*Byrsonima crassifolia*), chaparros (*Curatella americana*) y alcornoques (*Bowdichia virgilioides*). En los bajíos se encuentran gramíneas comunes con la planicie del Pleistoceno del alto Apure.

Localmente, en depresiones con fuertes excesos de agua, se encuentra una vegetación de árboles bajos y arbustos, identificados como congriales por la abundancia del árbol denominado congrio (*Sweetia nitens*). Bosques de galería, algunos con palma moriche, se encuentran a lo largo de los cursos de agua.

Estas tierras son utilizadas para la ganadería de carne extensiva. Por las limitaciones de suelos y drenaje el uso pecuario es el más adecuado, aprovechando racionalmente los pastos naturales. El establecimiento de pastizales con especies introducidas solamente es factible localmente.

### **Planicie del Pleistoceno de los Llanos de Monagas (P7)**

Ocupa 1947 km<sup>2</sup> en el sureste del Estado Monagas, con elevaciones inferiores a 30 m.s.n.m. La pendiente general es inferior a 1 %, presentado ondulaciones amplias y muy suaves con pendientes hasta 3 %. La edad de esta planicie ha sido atribuida al Pleistoceno inferior, correspondiendo a una facies deltáica o pseudodeltáica de la Formación Mesa (COPLANARH, 1974a, 1974b). Esta planicie desaparece hacia el este debajo de sedimentos del Holoceno del delta del río Orinoco. La precipitación media anual incrementa de oeste a este, desde 900 mm hasta alrededor de 1100 mm. El período con menores precipitaciones abarca 5 a 6 meses, pero en el sector occidental solamente 3 a 4 meses son verdaderamente húmedos con promedios mensuales superiores a 100 mm.

Los suelos predominantes fueron clasificados originalmente como Plinthustults y Plinthaquults (COPLANARH, 1974a). Sin embargo, debido a la tendencia de sobreestimar el contenido de plintita, es más apropiada la clasificación como Paleustults (o Kandiustults) y Paleaquults (o Kandiaquults). Estos suelos tienen plintita a menos de 150 cm de profundidad, texturas franco arenosas, francas y franco arcillosas sobre texturas arcillosas, arcillo limosas y arcillo arenosas, pH entre 4,5 y 5,5 y bajo contenido de bases intercambiables. Los Paleustults tienen drenaje bueno a moderadamente bueno y predominan en este paisaje. Los Paleaquults (perfil 26) tiene drenaje imperfecto a pobre y sufren encharcamiento de aguas superficiales o nivel freático elevado, sostenido por las capas con plintita con permeabilidad lenta.

La vegetación natural es la sabana de *Trachypogon* con escasos chaparros enanos. A lo largo de los curso de agua, se encuentran bosques de galería con

palma moriche (*Mauritia flexuosa*). El uso tradicional de estas tierras es la ganadería extensiva. Se han establecido pastizales introducidos y se pueden producir cultivos en los suelos mejor drenados, con la aplicación de fertilizantes y de enmiendas (cal, fosforita) para corregir el exceso de aluminio intercambiable. Los suelos mejor drenados también son aptos para el establecimiento de plantaciones forestales. El déficit de humedad limita la posibilidad de sembrar la mayoría de cultivos a menos que se aplique riego.

### **Planicie del Pleistoceno con médanos (PM)**

Cubren una superficie de 5232 km<sup>2</sup>. El área más importante se encuentra en el estado Apure, entre la planicie aluvial reciente y las planicies eólicas hacia el sur. Una superficie menor fue separada en el Estado Guárico, al sur de la planicie P6. Se trata de planicies aluviales del Pleistoceno que fueron parcialmente cubiertas por arenas eólicas durante el período árido del fin del Pleistoceno. Aunque agrupadas en una misma unidad, ambos sectores difieren en los suelos y las características climáticas.

El sector ubicado en el Estado Apure tiene características similares a la planicie del Pleistoceno del Alto Apure (P3), pero con una proporción mayor de médanos, los cuales cubren entre 10 y 25 % de la superficie. La precipitación media anual varía entre 1500 y 1700 mm. En los grandes bajíos predominan los Aquults con características similares a los suelos de bajío de la unidad (P3). Sin embargo, son más comunes las texturas franco arenosas y arena francosas en los horizontes superiores. En los médanos predominan Quartzipsamments con texturas arenosas y arena francosas similares a los suelos de médanos de las planicies eólicas (perfil 31). Los bajíos se encuentran afectados por excesos de agua por acumulación de agua de lluvia y escorrentía local. Se incluye en esta planicie un sector adyacente a la vega del río Orinoco que corresponde a la planicie del Pleistoceno de dicho río cubierta parcialmente con médanos. Allí los excesos de agua se encuentran represados por las crecientes del río y ocasionales desbordes han depositado sobre los Aquults capas delgadas de sedimentos del Holoceno con texturas finas.

El sector ubicado en el Estado Guárico tiene características climáticas y suelos de bajío (Aquults) similares a la unidad P6. La presencia de médanos con Quartzipsamments, los cuales cubren alrededor de 20 % de la superficie,

marca la diferencia. Se encuentran en una proporción menor que en la unidad P6, los suelos con abundante grava de cuarzo a poca profundidad.

La sabana de *Trachypogon* con variable cobertura de árboles achaparrados caracteriza a los médanos y otros sitios altos. En los bajíos predomina la sabana con gramíneas similares a las unidades P3 y P6. En el sector del Guárico son comunes congriales en depresiones. La planicie adyacente a la vega del río Orinoco está parcialmente cubierta por sabana de *Paspalum fasciculatum*.

Estas planicies son aprovechadas para ganadería extensiva de carne. Las limitaciones de suelos y drenaje restringen la actividad agrícola, por lo cual la producción pecuaria basado en el manejo racional de pastos naturales es la alternativa más viable. Pastizales pueden ser establecidos en los sitios con mejores condiciones edáficas.

### **Planicie del Pleistoceno con corazas ferruginosas (PC)**

Las corazas endurecidas y cementadas por óxidos de hierro son comunes en las planicies del Pleistoceno y altiplanicies de los Llanos Centrales, Orientales y de Apure. Se encuentran a profundidad variable y solamente afloran localmente. Al este del Estado Apure, entre los ríos Capanaparo y Cunaviche, se encuentra una planicie suavemente ondulada donde los afloramientos de corazas y de capas de nódulos de óxidos de hierro son extensos. Esta planicie ocupa 1834 km<sup>2</sup> y se eleva aproximadamente entre 40 y 50 m.s.n.m. La edad de esta planicie probablemente corresponde al Pleistoceno inferior, extendiéndose debajo de la parte oriental de la planicie eólica con médanos hasta la Altiplanicie de Apure meridional. Esta planicie fue truncada por erosión hídrica aflorando horizontes de plintita, los cuales endurecieron para originar las corazas y capas de nódulos ferruginosos. Posteriormente fue cubierta parcialmente por delgadas capas de sedimentos eólicos arenosos y algunos médanos. La topografía presenta ondulaciones muy suaves y amplias, con pendientes que generalmente no superan 1 %. Los principales ríos han entallado vegas poco profundas. La precipitación media anual es alrededor de 1700 mm.

En las partes más elevadas, además de las corazas ferruginosas se encuentran suelos que se clasifican como Kandistults con plintita a menos de

150 cm de profundidad. Menos frecuentes son los Plinthustults con plintita continua debajo de horizontes con nódulos de óxidos de hierro. Son comunes los Ustorthents formados por capas delgadas de arena o acumulaciones de nódulos sobre corazas. Suelos con texturas medias a finas sobre corazas a menos de 150 cm son clasificados como Kanhaplustults o Haplustults y como Dystrustepts si no muestran incrementos de arcilla en profundidad. Sobre los médanos se encuentran Quartzipsamments. Estos suelos tienen drenaje algo excesivo a imperfecto. En las depresiones se encuentran suelos pobremente drenados que son clasificados o como Kandiaquults y Paleaquults con plintita a menos de 150 cm de profundidad, como Epiaquults y Epiaquepts con corazas a poca profundidad y como Plinthaquults con plintita continua (perfil 30). En las vegas se encuentran principalmente Endoaquepts con texturas medias a finas, drenaje pobre y muy fuertemente ácidos. Los Ustults y Aquults tiene texturas gruesas a medias en los horizontes superficiales y medias a finas en los subyacentes, abundantes nódulos de óxidos de hierro se encuentran a profundidad variable, el pH es fuertemente ácido y el contenido de bases intercambiables muy bajo (Schargel, 1997).

Sobre los suelos mejor drenados predomina la sabana de Trachypogon con árboles achaparrados, mientras que, en las depresiones, las gramíneas son similares a las de la unidad P3. En las vegas se encuentran bosques de galería. La producción pecuaria basada en el manejo racional de pastos naturales es la alternativa más viable. Pastizales pueden ser establecidos en los sitios con mejores condiciones edáficas.

## **SUELOS DE LAS PLANICIES EÓLICAS**

Estas planicies fueron cubiertas por arenas y limos depositado por el viento durante el Pleistoceno superior. En el mapa anexo fueron separadas planicies con médanos y eólicas limosas.

### ***Suelos de las planicies eólicas con médanos***

Comprende dos unidades que se distinguen por la magnitud de las inundaciones por desborde de ríos.



### **Planicie con médanos poco inundada (M1)**

Esta planicie se encuentra poco afectada por inundaciones originadas por el desborde de ríos, pero en las depresiones entre los médanos son importantes los excesos de agua por acumulación de lluvia. Ocupa una superficie de 13672 km<sup>2</sup>, la mayor parte ubicada entre los ríos Arauca y Cinaruco en el Estado Apure y una superficie pequeña al sur del Estado Guárico. La precipitación media anual varía de 1500 a 2000 mm para la planicie ubicada en el Estado Apure, en la cual incrementa de norte a sur. Para la planicie con médanos en Guárico, la precipitación media anual es alrededor de 1200 mm.

Los suelos de los médanos altos y medios se clasifican como Quartzipsamments. Son excesivamente drenados, tienen texturas arenosas y areno francosas, pH inferior a 5,5 y bajo contenido de bases intercambiables. En los bajos, entre los médanos, se encuentran suelos con drenaje pobre, similares a los de la unidad P3. Fueron clasificados como Albaquults, Kandiaquults y Paleaquults, generalmente con plinthita a menos de 1 m de profundidad. Los Plinthaquults son menos comunes y aparecen principalmente alrededor de la unidad PC (perfil 30). Entre médanos bajos y planos son comunes los Kandiustults (perfil 29) y Paleustults con plintita a menos de 150 cm de profundidad y texturas arenosas, areno francosas o franco arenosas en los horizontes superficiales. En Apure, también se han detectado pequeñas extensiones de suelos orgánicos (Histosoles) en depresiones pantanosas entre médanos (Schargel, 1997).

La sabana de *Trachypogon* predomina sobre los médanos y planos. Sobre los médanos altos y medios son comunes mantecos y alcornoques. El chaparro es más común sobre médanos bajos y planos. En los bajos, es común *Paratheria prostrata* y otras gramíneas características de la unidad P3. En los pantanos, predominan las ciperáceas y en los bordes la palma moriche. Esta palma también se encuentra a lo largo de los drenajes naturales. En algunos bajos que conducen la escorrentía superficial hacia los caños, en la planicie con médanos de Apure, se encuentran sabanas con saladillos (*Caraipa llanorum*), un árbol bajo y resistente al fuego. Bosques de galería se ubican a lo largo de los principales ríos.

El uso de estas tierras es la ganadería extensiva. La producción pecuaria basada en el manejo racional de pastos naturales es la alternativa más viable.

Pastizales pueden ser establecidos en los sitios con mejores condiciones edáficas.

### **Planicie con médanos parcialmente inundada (M2)**

Esta unidad ocupa apenas 409 km<sup>2</sup> cercanas al río Orinoco, afectadas por excesos de agua represados por las crecientes del río. Al igual que en la unidad anterior predominan los Quartzipsamments sobre los médanos y los Aquults en las depresiones entre ellos. En los bajos alcanzados ocasionalmente por desbordes del río Orinoco, se encuentran coberturas delgadas de sedimentos finos.

### ***Suelos de las planicies eólicas limosas***

Solamente se delimitó en el mapa la planicie eólica limosa de Apure meridional. Sobre la altiplanicie del sur de Apure también se han depositados limos eólicos en capas de hasta más de 50 cm. Otros sectores del llano han recibido depósitos eólicos limosos delgados y discontinuos.

### **Planicie eólica limosa de Apure meridional (L)**

La planicie eólica limosa ocupa una superficie de 4401 km<sup>2</sup> al oeste de la planicie con médanos, al sur de la población de Elorza, con una elevación entre 80 y 100 m.s.n.m. Consta de grandes planos con una pendiente muy baja y una red de drenajes naturales poco desarrollada, lo cual favorece el encharcamiento durante el período lluvioso. Algunas cañadas y bajos poco profundos son más afectados por los excesos de agua y tiene suelos saturados durante parte del período seco. Los sitios no afectados por excesos de aguas superficial son escasos y consisten principalmente de altos, rebordes y algunos médanos hacia el sector oriental de esta planicie. En los planos y bajos, son comunes taticos bajos formados por erosión reticular. También se encuentran escarceos, un microrrelieve descrito por Goosen (1964) en los llanos de Colombia. Se trata de camellones muy alargados, con una altura no mayor de 50 cm y un ancho de 2 a 5 m. Su orientación sigue aproximadamente a las curvas de nivel y el corte transversal tiende a ser disimétrico, con una inclinación un poco mayor en el lado pendiente abajo. Se encuentran separados desde unos pocos metros hasta más de 200 m. Su origen ha sido relacionado a procesos de soliflucción, por la

baja cohesión del material limoso cuando se encuentra saturado con agua. Esta planicie recibió sedimentos eólicos durante diferentes períodos del Pleistoceno, ocurriendo la última cobertura a fines de dicho período. A lo largo de las vegas de los principales ríos que cruzan esta planicie, se acumularon aluviones del Holoceno.

Predominan suelos con altos contenidos de limo y bajos de arcilla. La arena es principalmente muy fina y fina. Las texturas franco limosas y francas son las más comunes. Texturas más finas en las capas profundas aparecen principalmente en el sector norte de esta planicie y corresponden a las planicies aluviales enterradas debajo de los sedimentos eólicos. Estos suelos tienen un pH inferior a 5,5 y muy bajos contenidos de bases intercambiables. Los elevados contenidos de limo y de arenas finas y los bajos contenidos de arcilla, determinan que estos suelos alcanzan el límite líquido cuando se encuentran saturados con agua. Esto determina que durante el período de lluvias el ganado se atasca en esta planicie dificultando su traslado. Solamente los altos, médanos y rebordes constituyen sitios aptos para mantener el ganado en esta época. En el sector norte son comunes los Paleaquults pobremente drenados, con plintita a menos de 150 cm (perfil 28). Al sur del río Capanaparo los suelos presentan incrementos de arcilla difusos, en profundidad, y frecuentemente carecen de plintita a menos de 150 cm, ellos se clasifican de acuerdo a la relación CIC/arcilla como Haplaquox o Endoaquepts, con drenaje pobre. Sobre altos, que probablemente corresponden a antiguos médanos desmantelados, fueron descritos suelos algo excesivamente drenados, con texturas areno francosas sobre franco arenosas, que se clasifican como Haplustox. De la misma manera fueron clasificados algunos suelos de rebordes, con texturas franco limosas a francas, nódulos ferruginosos, bien drenados y con plintita (Schargel y Aymard, 1993).

La precipitación media anual incrementa de noreste a suroeste de 1700 a 2100 mm. En los altos, médanos y rebordes predomina la sabana de *Trachypogon*, con mantecos, chaparros y alcornoques. Sobre los planos predomina la sabana de *Trachypogon* con muy escasos elementos leñosos. En los bajos, aparecen las gramíneas de la planicie del Pleistoceno del Alto Apure, con *Trachypogon* sobre los taticos.

El uso de estas tierras es la ganadería extensiva. Severas limitaciones de suelo y drenaje determinan que la alternativa más viable es la producción

pecuaria, basada en el aprovechamiento de los pastos naturales. Pastizales pueden ser establecidos en los sitios con mejores condiciones edáficas, especialmente los altos.

## **SUELOS DE LAS ALTIPLANICIES**

Las altiplanicies ocupan la mayor parte de los Llanos Orientales y extensiones menores y más fragmentadas en los Llanos Centrales. Entre los ríos Cinaruco y Meta se extiende una altiplanicie más baja que las anteriores. Todas ellas corresponden al Pleistoceno inferior, habiendo sufrido modificaciones importantes en sus respectivas superficies por procesos de erosión y sedimentación hídrica y eólica.

### ***Suelos de las altiplanicies de los Llanos Orientales***

Ocupan gran parte de los Estados Monagas y Anzoátegui, constituidas por amplias mesas separadas por valles, con desniveles que superan los 100 m hacia el norte y oeste, disminuyendo a medida que la altiplanicie baja hacia el delta del río Orinoco. Su máxima elevación sobre el nivel del mar supera 400 m adyacente al piedemonte de la Serranía del Interior. La acumulación de excesos de aguas superficiales sobre las mesas se limita a pequeñas depresiones, ya que en general son eliminados con rapidez por infiltración y escorrentía. La precipitación media anual sobre la mayor parte de esta altiplanicie varía de 900 mm a 1200 mm, incrementando hasta alrededor de 1400 mm al norte de Maturín. Los meses más lluviosos son junio, julio y agosto y los más secos desde enero hasta abril. La precipitación incluye frecuentes tormentas que rebasan la alta capacidad de infiltración de los suelos, provocando arrastre de sedimentos por escurrimiento difuso, por lo cual se observa una capa de arena gruesa y suelta, de pocos centímetros, sobre la superficie de los suelos de las mesas, cubiertos por vegetación de sabana.

Basado en la disección, fueron separadas en el mapa la altiplanicie poco disectada, la altiplanicie disectada y la altiplanicie disectada y escarpada.

### **Altiplanicie poco disectada (AP1)**

La altiplanicie poco disectada ocupa 23179 km<sup>2</sup>. Consta de grandes mesas planas, con pendientes predominantes entre 1 y 3 %, las cuales ocupan más de 50 % del área. Estas mesas están separadas por valles, a lo largo de los cuales la topografía es irregular, con áreas onduladas a escarpadas y con fuerte disección. Los escarpes frecuentemente se encuentran estabilizados por corazas y capas de nódulos ferruginosos.

Los valles difieren en cuanto a la importancia de la acumulación aluvial dentro de los mismos. Los valles de los ríos Aragua, Guarapiche y Amana, que nacen en la Serranía del Interior, tienen hasta tres niveles de terrazas. Los valles de los ríos Tigre y Guanipa, que nacen en la misma altiplanicie, tienen apenas una terraza. Estos valles experimentan inundaciones en las vegas y llanuras de desborde, originados por aportes de sus cuencas superiores. Otros valles (ríos Yabo, Morichal Largo, Uracoa, Caris y otros) han sido clasificados como coluvio-aluviales y carecen de terrazas. Los valles coluvio-aluviales tienen un fondo relativamente angosto donde se acumulan aluviones de textura gruesa a moderadamente fina y materia orgánica; el nivel freático se mantiene cercano y sobre la superficie de los suelos durante la mayor parte del año. El régimen hídrico de estos ríos es relativamente constante durante el año, dependiendo principalmente de las aguas que infiltran en las mesas y menos de la escorrentía superficial.

Desde las mesas planas hasta el fondo de valle baja un plano inclinado con pendientes entre 1 y 12 % cubiertos por coluviones arenosos. Sobre los planos inclinados, especialmente en el contacto de estos con las mesas, son comunes áreas fuertemente onduladas a escarpadas, con cárcavas, afloramientos de corazas y capas de nódulos ferruginosos (COPLANARH, 1974a, 1974b).

Los suelos sobre las mesas fueron clasificados principalmente como Quartzipsamments, Haplustoxs y Paleustults (COPLANARH, 1974a; Brito *et al.*, 1980; Zinck y Urriola, 1970). Ajustando la clasificación de los suelos al Soil Survey Staff (1999), quedan los Kandiustults (perfiles 32 y 33) como el gran grupo dominante sobre las mesas conservadas. La mayoría de los suelos que fueron clasificados como Haplustox tienen suficiente incremento de arcilla en profundidad para identificar un horizonte kandic; solamente los perfiles con un incremento de arcilla difuso o inexistente se clasifican como oxisoles. Los

Kandiustults tienen horizontes superficiales con texturas arenosas, areno francosas y franco arenosas sobre texturas medias a finas, principalmente franco arenosas, franco arcillo arenosas, arcillo arenosas y con menor frecuencia arcillosas. Su drenaje es algo excesivo a moderadamente bueno. Predominan pH ácidos, bajos contenidos de materia orgánica y bajos niveles de bases intercambiables. Los siguientes subgrupos son comunes:

- Arenic Kandiustults. Tienen horizontes superficiales con un grosor de 50 cm o más con texturas arenosas y areno francosas.
- Plinthic Kandiustults. Tienen plintita a menos de 150 cm.
- Arenic Plinthic Kandiustults. Con las características de los subgrupos anteriores.
- Typic Kandiustults. Sin plintita y sin capas superficiales arenosas con 50 cm o más de grosor.

Suelos similares a los Kandiustults pero con una relación CIC/arcilla más elevada se clasifican como Paleustults. Estos son más comunes en las mesetas cercanas al piedemonte de la Serranía del Interior.

Suelos que actualmente son clasificados como Haplustox se caracterizan por horizontes superficiales con texturas arenosas y areno francosas, con un incremento de arcilla muy gradual, hasta alcanzar texturas franco arenosas a menos de 150 cm de profundidad. Los suelos se clasifican como Quartzipsamments (perfil 34) si las capas superficiales arenosas o areno francosas tienen 1 m o más de grosor y no hay horizontes argillic o kandic a menos de 2 m o un óxic a menos de 150 cm. Estos suelos son excesivamente drenados y tienen muy baja capacidad de retención de agua útil para las plantas. Tanto los Quartzipsamments como los Kandiustults y Haplustox, con gruesas capas superficiales arenosas, son comunes sobre los planos inclinados que bordean a los valles y sectores de las mesetas donde una suave inclinación ha favorecido la erosión laminar en las partes altas y la acumulación de coluviones arenosos en las bajas.

La mayoría de los suelos clasificados como Plinthustults no tienen suficiente plintita para ser clasificados de esta manera y quedan incluidos en subgrupos Plinthic de los Kandiuustults y Paleustults. Sobre las mesetas, son comunes pequeñas lomas bajas con capas superficiales constituidas por nódulos ferruginosos y fragmentos de corazas, sobre material de textura moderadamente fina a fina y capas con plintita. Estos suelos se clasifican como Plinthic Kandiuustults. Suelos similares se encuentran en los terrenos ondulados y escarpados en los valles, donde también aparecen Ustorthents poco profundos sobre corazas ferruginosas o constituidos por acumulaciones de nódulos ferruginosos, fragmentos de coraza y grava de cuarzo mezclado con arena, o con muy poco material fino.

Según COPLANARH (1974a) en los valles con terrazas, se encuentran diversos suelos, incluyendo suelos moderadamente bien a bien drenados, relativamente fértiles y con texturas medias, los cuales se clasifican como Ustifluvents, Haplustepts, Haplustolls y Haplustalfs. También se encuentran suelos con drenaje imperfecto a pobre y texturas finas (Epiaquepts), suelos arenosos con drenaje excesivo (Ustipsamments) y suelos con drenaje imperfecto y plintita (Paleaquults).

En el fondo de los valles sin terrazas, se encuentran suelos muy pobremente drenados, con capas con altos contenidos de materia orgánica, sobre materiales con texturas medias y gruesas (González, 1987). Ellos se clasifican como histosoles si la capa dominada por materia orgánica tiene un grosor de 40 cm o más. Suelos con capas orgánicas delgadas (< 20 cm) sobre capas dominadas por materia mineral se clasifican como Aquents y como Humaquepts si la capa orgánica tiene un grosor entre 20 y 40 cm.

Los suelos de las mesetas han sufrido una intensa pedogénesis, por lo cual persisten muy pocos minerales fácilmente intemperizables. Una lixiviación prolongada ha reducido las bases intercambiables a niveles muy bajos y favorecido el movimiento de arcilla hacia las capas profundas. Datos mineralógicos señalan que el cuarzo ocupa más del 90 % de la fracción arena y también predomina en el limo. La caolinita es el mineral dominante en la fracción arcilla, con presencia de cantidades variables de cuarzo y de goetita. También hay pequeñas cantidades de mica, pirofilita y de intergradados 2:1-2:2, incluyendo vermiculita y esmectita en horizontes profundos. El contenido de

hierro libre en estos suelos varía de 1 a 4 % de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Comerma y Chirinos, 1976; Schargel, 1978; Smith, 1990 citado por Mata, 1992).

La sabana de *Trachypogon* con una densidad variable del componente arbóreo, constituido principalmente por mantecos, chaparros y alcornoques, predomina en este paisaje. Frecuentemente la densidad de los arbolitos es muy baja sobre las mesas, mientras que abundante en los bordes de los valles y en áreas disectadas.

El uso tradicional de estas sabanas mediante la ganadería extensiva demanda alrededor de 10 ha por unidad animal (Mata, 1992). Gran parte de esta vegetación ha sido sustituida por pastos introducidos, plantaciones forestales (principalmente pino caribe) y terrenos cultivados, incluyendo áreas bajo riego, principalmente por aspersión.

Los valles con terrazas estaban cubiertos por bosques deciduos, semideciduos y de galería, la mayor parte de los cuales han sido deforestados. Los valles coluvio-aluviales tienen bosques de galería con palma moriche (*Mauritia flexuosa*) y morichales con predominio casi total de esta palma. Los afloramientos del material Terciario en la altiplanicie disectada y escarpada están cubiertos por bosques deciduos.

Las mesas tiene condiciones favorables para las actividades agropecuarias y forestales y constituyen una de las áreas con mayor potencial del país, debido a la topografía plana a suavemente ondulada, presencia de suelos bien drenados, profundos y con escasos fragmentos gruesos y abundantes aguas subterráneas.

Las principales limitaciones climáticas y edáficas han sido resumidas por Mata (1992), señalando lo siguiente:

- La evapotranspiración potencial de alrededor de 5 mm por día escasamente es cubierta durante los meses de junio a agosto en la mayor parte de la altiplanicie. Esta situación se agrava por la concentración de las lluvias en frecuentes tormentas que rebasan la capacidad de infiltración de los suelos provocando pérdidas de agua por escorrentía superficial y arrastre de sedimentos.



- La capacidad máxima de almacenamiento de agua útil en los primeros 50 cm de los suelos es de 35 mm, con valores menores en muchos suelos.
- Suelos con baja capacidad de suplencia de nutrimentos.

Estas limitaciones pueden ser mitigadas utilizando cultivos, especies forrajeras y forestales tolerantes al déficit de agua y manejar la falta de nutrimentos con programas de fertilización, dentro de un marco de manejo sostenible, que permita mantener y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. Son importantes las rotaciones a largo plazo que alternen cultivos de ciclo corto con especies forrajeras e incluso con forestales en sistemas de agroforestales. Las aguas subterráneas, aunque abundantes, solamente permiten regar una fracción de la altiplanicie. Es importante evitar la sobre explotación de los acuíferos, cuyo agotamiento afectaría el caudal de los ríos y la existencia de los morichales. El aprovechamiento de las aguas subterráneas debe enfatizar sistemas intensivos de producción con cultivos de alto valor y con potencial para la exportación. El manejo continuo de los suelos bajo sistemas intensivos debe incluir la incorporación de materia orgánica, además de la fertilización y aplicación de enmiendas.

Los pastizales establecidos con especies adaptadas a las limitantes ambientales y manejados racionalmente, permiten un marcado incremento de la producción pecuaria comparado con el pastoreo de las sabanas, constituyendo una de las mejores alternativas para la utilización de estas tierras.

El agotamiento de los bosques naturales va a impulsar cada vez más el establecimiento de plantaciones forestales para diversos propósitos, lo cual explica el continuo incremento de la superficie bajo este uso en la altiplanicie oriental y en otras regiones del país.

Los valles con terrazas incluyen suelos con alto potencial para cultivos, especialmente sobre la llanura de desborde y las terrazas bajas. Estos pueden ser aprovechados para una gran diversidad de cultivos.

### **Altiplanicie disectada (AP2)**

Ocupa 9660 km<sup>2</sup>. En ella las mesas planas a suavemente onduladas ocupan menos de 50 % del área y se encuentran separadas por amplias zonas con topografía ondulada a quebrada, con pendientes que varían desde 4 hasta

más de 15 %. Las zonas disectadas se extienden a lo largo de los valles e incluyen tierras de cárcavas y afloramientos de corazas y de capas de nódulos ferruginosos, los mismos suelos descritos para la altiplanicie poco disectada, pero con una proporción mayor de suelos cubiertos por capas de nódulos, poco profundos y esqueléticos (Ustorthents).

### **Altiplanicie disectada y escarpada (AP3)**

Ocupa 7510 km<sup>2</sup> de terrenos donde predominan pendientes superiores a 15 %, surcados por cárcavas activas y estabilizadas. Las mesas planas ocupan menos de 20 % de la superficie. La erosión ha removido a la Formación Mesa en algunos sectores, aflorando rocas del Terciario. Donde persiste la formación Mesa, se encuentran los mismos suelos descritos anteriormente, pero con una proporción aun mayor de Ustorthents y de cárcavas activas. Donde aflora el Terciario, además de numerosas cárcavas activas, se encuentran inceptisoles, alfisoles y vertisoles, predominantemente de texturas medias a finas, con alta saturación con bases y en algunos casos con moderada a alta salinidad y sodicidad.

Las áreas disectadas de la altiplanicie deben ser dedicadas a la conservación para reducir el avance de la erosión regresiva. Las áreas planas adyacentes a las zonas disectadas deben permanecer bajo vegetación permanente (pastizales, plantaciones forestales) para reducir la escorrentía hacia las cárcavas y taludes.

### ***Suelos de las altiplanicies de los Llanos Centrales***

Ocupan parte de los estados Guárico y Cojedes, donde forman mesas separadas por valles relativamente angostos, cuyas vegas y llanuras de desborde son afectadas por inundaciones. El grosor de las capas del Pleistoceno inferior (equivalente a la Formación Mesa) es mucho menor que en las mesas orientales. En el mapa fueron separadas las altiplanicies de los Llanos Centrales y de los Llanos Centro–Occidentales.

### **Altiplanicie disectada de los Llanos Centrales (AP4)**

Ocupa 8526 km<sup>2</sup> y ha sido cortada por numerosos ríos que nacen en la misma altiplanicie o al norte de la misma. La elevación varía aproximadamente entre 120 y 90 m.s.n.m. Mesas planas a suavemente onduladas alternan con áreas onduladas y quebradas con pendientes de 3 a 20 % y localmente mayores. Alrededor de las mesas, originados por el dismantelamiento de las mismas, se encuentran planos inclinados con pendientes entre 1 y 5 %, formados por explayamientos y coluviones. La intensa erosión que ha afectado a este paisaje durante el Pleistoceno ha truncado a la formación Mesa hasta la capa de grava basal, la cual aflora en extensas áreas. También se encuentran a poca profundidad corazas y capas de nódulos ferruginosos, evidencias de un ciclo de formación de plintita bajo la influencia de un nivel freático fluctuante y el subsiguiente endurecimiento irreversible de esta, como consecuencia del levantamiento del paisaje y la profundización de la mesa de agua.

Los suelos de este paisaje han sido estudiados como parte del inventario nacional de tierras (PINT, 1990). Estos fueron clasificados principalmente como Kandiuustults y Kanhaplustults (perfiles 35 y 36) de acuerdo a la última versión de la taxonomía de suelos (Soil Survey Staff, 1999). Son suelos moderadamente bien a bien drenados, cuyas texturas en los horizontes superficiales son franco arenosas, francas y franco arcillo arenosas y en los subyacentes franco arcillosas, franco arcillo arenosas, arcillo arenosas y arcillosas. Estos suelos contiene cantidades variables de grava de cuarzo y de nódulos ferruginosos a profundidad variable, incluso desde la superficie. Corazas ferruginosas son muy frecuentes. El pH es inferior a 5,5 y el contenido de bases intercambiables es bajo a muy bajo.

Los Kanhaplustults se distinguen de los Kandiuustults por tener a menos de 150 cm de profundidad un contacto petroférico (coraza continua) o una disminución importante en el contenido de arcilla en relación al máximo nivel en horizonte B. Algunos Ustults con una relación CIC/arcilla más elevada que en los grandes grupos anteriores son clasificados como Paleustults y Haplustults. La mayoría de los suelos que habían sido clasificados como oxisoles tiene suficiente incremento de arcilla en profundidad para ser clasificados como Kandiuustults o Kanhaplustults. En áreas bajas, se encuentran suelos con drenaje pobre a imperfecto que se clasifican como Aquults. Sobre

los planos inclinados y sobre sectores fuertemente erosionados son comunes Dystrustepts con texturas medias o esqueléticos.

La precipitación media anual varía de 1000 a 1200 mm con una estación seca muy severa desde noviembre hasta abril. La vegetación predominante es la sabana de *Trachypogon* con variable cobertura de árboles achaparrados y arbustos. Son comunes bosquetes (matas) con especies de los bosques deciduos. En los valles existen bosques de galería y morichales.

Estas tierras han sido utilizadas tradicionalmente para la ganadería extensiva. Actualmente está incrementando el establecimiento de pastizales con especies introducidas y existen áreas menores bajo cultivo. Parte de este paisaje está incluido en el parque nacional Aguaro–Guariquito.

Restricciones edáficas, climáticas y topográficas limitan las posibilidades para la producción de cultivos. Más apropiado para este paisaje es la producción pecuaria basada en el establecimiento de pastos introducidos en sectores aptos para tal fin y el manejo racional de las sabanas, en sectores donde las limitaciones para establecer pasturas son severas. También existe un elevado potencial para el establecimiento de plantaciones forestales en suelos profundos y bien drenados (*Kandiustults*). Los morichales y bosque de galería deben ser protegidos.

### **Altiplanicie disectada de los Llanos Centro-Occidentales (AP5)**

Ocupa 4335 km<sup>2</sup> en el sector noroccidental del Estado Guárico y en el Estado Cojedes. La cortan los valles de ríos Tinaco, Pao, Chirgua y Tiznados, que nacen en el Sistema Montañoso del Caribe. Su elevación varía entre 80 y 140 m.s.n.m. Por razones de escala del mapa se incluyen en esta unidad, además de la altiplanicie sobre sedimentos del Pleistoceno inferior, a las superficies de erosión, originadas por el desmantelamiento y remoción casi total de los sedimentos del Pleistoceno, aflorando lutitas del Terciario y en menor proporción areniscas. Estos dos paisajes geomorfológicos han sido separados como altiplanicie de mesa y altiplanicie de denudación (PINT, 1978).

La altiplanicie de mesa tiene topografía plana a suavemente ondulada con pendientes no mayores de 3 %, en cambio la altiplanicie de denudación tiene una topografía de plana a fuertemente ondulada con pendientes máximas

alrededor de 20 %. Se trata por lo tanto de un paisaje de colinas bajas que alternan con planos de erosión. Sobre la altiplanicie de denudación se encuentran coberturas discontinuas y delgadas de gravas del Pleistoceno inferior. Inundaciones afectan solamente los fondos de valle y los excesos de agua sobre las mesas son localizados.

Los suelos de la altiplanicie de mesa son similares a los de la altiplanicie de los Llanos Centrales. Predominan los Kandiuults y Kanhaplusts moderadamente bien a bien drenados y en menor proporción sus equivalentes, con mayor relación CIC/arcilla, los Paleuults y Haplust. Suelos con drenaje pobre a imperfecto, mucho menos extensos, son principalmente Paleaquults y Epiaquults. Algunos suelos tienen una mayor saturación con bases en las capas profundas clasificándose de acuerdo al drenaje en Paleustalfs o Epiaqualfs. Dystrustepts se encuentran sobre superficies erosionadas o sobre coluviones y explayamientos provenientes del desmantelamiento de las mesas.

En estos suelos, predominan texturas medias a finas, estas últimas se hacen predominantes al este del río Pao. Es común la presencia de grava de cuarzo y de nódulos ferruginosos a profundidad variable e incluso en la superficie de los suelos. También son frecuentes las corazas ferruginosas a poca profundidad. El pH varía de 4,5 a 5,2 y la saturación con bases es baja a muy baja.

El análisis mineralógico de un Kandiuult en el Estado Cojedes mostró el predominio de caolinita en la fracción arcilla libre de hierro (63-73 %), alrededor de 10 % de mica, intergrados 2:1-2:2 y pequeñas cantidades de cuarzo. El contenido de hierro libre en el suelos incrementaba en profundidad desde 2,1 % hasta 5 % de  $Fe_2O_3$  (Schargel, 1978).

La altiplanicie de denudación tiene una gran diversidad de suelos debido a variaciones en la topografía, drenaje, erosión y material originario. Las lutitas son las rocas más comunes, alternando con afloramientos localizados de areniscas. Coberturas delgadas del Pleistoceno inferior se encuentran extendidas en este paisaje. La característica más constante de estos suelos son las texturas finas, que predominan ampliamente, seguido por texturas moderadamente finas (franco arcillosas, franco arcillo limosas y franco arcillo arenosas). La reacción en los horizontes superficiales generalmente es fuertemente ácida (pH 4,2 – 5,5), pero son comunes valores más elevados en

los horizontes profundos. Las bases intercambiables varían entre 5 y 10 cmol kg<sup>-1</sup> en los horizontes superficiales, alcanzando valores mayores en los subyacentes. Frecuentemente tienen elevados contenidos de magnesio intercambiable y en las capas profundas pueden aparecer niveles moderados a altos de sodio intercambiable. La capacidad de intercambio catiónico es moderada a alta. La mayoría de los suelos tienen cantidades variables de grava y guijarros redondeados o de fragmentos de roca angulosos en las capas superficiales o dentro del perfil. Los suelos 40 y 41 de la altiplanicie de denudación de Guárico ilustran las características físicas y químicas de estos suelos.

Los vertisoles son suelos comunes en esta altiplanicie de denudación. Se trata de suelos con abundante arcillas expansibles en su mayoría clasificados como Haplusterts con drenaje moderadamente bueno. También se encuentra en áreas bajas y planas Epiaquerts con drenaje imperfecto a pobre. Son comunes los Haplustepts arcillosos, bien a moderadamente bien drenados y los Haplustalfs con drenaje bueno a moderado y texturas medias a finas. Menos extensos son los Epiaquepts y Epiaqualfs con drenaje imperfecto a pobre y texturas finas y los Haplustults y Epiaquults, que se distinguen de los Haplustalfs y Epiaqualfs por tener una saturación con bases más baja. También existen extensiones menores de Ustorthents esqueléticos y/o poco profundos y de suelos arenosos y profundos (Quartzipsamments, Ustipsamments). En los valles existen suelos similares a los descritos para las planicies recientes y actuales adyacentes.

La precipitación media anual varía entre 1200 y 1300 mm, con una estación seca desde diciembre hasta abril. La sabana de *Trachypogon* con chaparros y algunos bosquetes predomina en la altiplanicie de mesa. En la altiplanicie de denudación se encuentran matorrales deciduos y semideciduos, bosques bajos deciduos, sabanas de *Trachypogon* y sabanas con palmas (*Copernicia tectorum*). Gran parte de la vegetación ha sido intervenida para establecer pastizales y extensiones menores de cultivos.

Restricciones edáficas, climáticas y topográficas limitan las posibilidades para la producción de cultivos, exceptuando los sectores con menores pendientes y con suelos profundos, con poca grava superficial y buenas condiciones de drenaje. Los valles tienen suelos con elevado potencial para cultivos. La producción pecuaria constituye la mejor alternativa para la mayor

parte de esta altiplanicie, utilizando pastos introducidos en los suelos aptos para tal fin y el manejo las sabanas, en sectores donde las limitaciones para establecer pasturas son severas. También existe un elevado potencial para el establecimiento de plantaciones forestales en suelos profundos y bien drenados. Los bosques de galería deben ser protegidos.

### ***Suelos de la altiplanicie de Apure meridional***

Se trata de una altiplanicie con cobertura eólica (AE) que se extiende a lo largo de los ríos Cinaruco y Meta, sobre una superficie de 11968 km<sup>2</sup>. Las máximas elevaciones entre 110 y 115 m.s.n.m, se alcanzan hacia el oeste, desde donde disminuyen hasta aproximadamente 50 m.s.n.m, en el extremo oriental, adyacente a las vegas del río Orinoco. El desnivel entre las mesetas y las vegas de los valles, al este de la cota de 65 m.s.n.m., es inferior a los 10 m, señalados como mínimo para distinguir altiplanicies de planicies. Desniveles superiores son alcanzados al oeste de dicha cota, llegando a superar los 20 m. Se prefirió incluir ambos sectores en el paisaje de altiplanicie, debido a que tienen características similares y las inundaciones de los ríos no afectan a las mesetas más bajas (Schargel, 1997).

El paisaje está formado por mesetas alargadas en sentido oeste-este, delimitadas por los valles de los ríos Meta, Cinaruco, Juripe y Orinoco e incluye numerosos vallecitos de altiplanicie. Sobre las mesetas se encuentran altos, rebordes, planos, bajos y cañadas, estas últimas drenan hacia los vallecitos y estos hacia los ríos más cercanos. En los bajos, son comunes los microrrelieves de escarceos y de taticos menores de 50 cm.

A profundidad variable, en los suelos y localmente sobre la superficie, se encuentran corazas y capas de nódulos ferruginosos, los cuales constituyen el tope de la acumulación aluvial del Pleistoceno inferior, la cual fue erosionada, provocando el endurecimiento de plintita, para formar corazas y nódulos. Esta superficie de erosión ligeramente ondulada, fue cubierta posteriormente por sedimentos eólicos limosos y arenosos, incluyendo médanos, los cuales fueron desmantelados para originar la superficie suavemente ondulada de las mesetas. Estos eventos eólicos ocurrieron varias veces durante el Pleistoceno, seguidos por periodos más húmedos, similares al actual. En la transición entre la altiplanicie y la planicie eólica con médanos hacia el norte, las mesetas están cubiertas por médanos estabilizados de fines del Pleistoceno, los cuales ocupan

entre 10 y 25 % de la superficie. La altiplanicie se encuentra parcialmente disectada a lo largo del valle del río Juriepe y en menor escala a lo largo de los ríos Meta y Cinaruco. Allí se observan colinas y cárcavas.

En el sector oriental de la altiplanicie cerca del valle del río Orinoco afloran rocas del escudo de Guayana. El afloramiento mayor origina las Galeras del Cinaruco, constituidas por cuarzitas precámbricas, que forman cerros que se elevan hasta 240 m.s.n.m. Además afloran masas de rocas graníticas, desprovistas casi totalmente de vegetación. Alrededor de estos afloramientos se han formado glaciares residuales y coluviales, cubiertos por sedimentos eólicos.

Predominan suelos con texturas arenosas a medias, con altos contenidos de limo y arena muy fina y fina, lo que los hace susceptibles a la erosión. El pH es inferior a 5,5, la capacidad de intercambio catiónico es baja a muy baja y la saturación con bases baja. El drenaje es algo excesivo a bueno en los altos y rebordes, moderadamente bueno a imperfecto en los planos y pobre a muy pobre en bajos y cañadas. En los altos, rebordes y planos, los suelos fueron clasificados principalmente como Haplustox (perfil 37) si el contenido de arcilla no se incrementa en forma marcada en profundidad, de lo contrario, como Kandistults o Paleustults (perfil 38). En los bajos, los suelos se clasifican como Haplaquox y Kandiaquults o Paleaquults basado en el mismo criterio. Algunos suelos sin marcado incremento de arcilla en profundidad tienen una capacidad de intercambio catiónico un poco mayor y se clasifican como Dystrustepts. Los ultisoles frecuentemente tienen horizontes con texturas moderadamente finas a finas debajo de los superficiales. En las cañadas con anegamiento prolongado se encuentran Humaquepts con más de 8 % de materia orgánica en los horizontes superficiales.

Los suelos han sido desmantelados por la erosión en los sectores disectados de la altiplanicie, donde son comunes suelos truncados de las mesas, Ustorthents poco profundos y esqueléticos, afloramientos de corazas y de capas de nódulos ferruginosos y cárcavas activas. Sobre las Galeras del Cinaruco se encuentran Ustorthents poco profundos, constituidos por arena y grava de cuarzo en las grietas entre las rocas, en vallecitos entre los cerros y en el contacto con la altiplanicie.

La mayoría de los suelos de la vega del Cinaruco fueron clasificados como Endoaquepts. Tienen texturas medias a finas, pH inferior a 5,5 y media a



baja capacidad de intercambio catiónico. Estos suelos se inundan durante el período lluvioso. Los suelos de la vega del río Meta tienen características similares a las vegas del río Orinoco.

La precipitación media anual incrementa de norte a sur de 1800 a 2000 mm en el sector central y oriental y de 2000 a 2200 mm en el extremo occidental. La longitud del período seco incrementa de oeste a este. En Puerto Páez, la evapotranspiración potencial supera a la precipitación durante seis meses, desde noviembre hasta abril y son aproximadamente equivalentes en octubre. Cuatro meses (diciembre–marzo) tienen precipitaciones medias mensuales menores de 50 mm. Los promedios mensuales superan 300 mm desde junio hasta agosto. En el extremo occidental solamente en cuatro meses la evapotranspiración potencial supera a la precipitación (diciembre hasta marzo) y en dos son equivalentes (abril y noviembre). Tres meses (diciembre–febrero) tienen precipitaciones medias mensuales menores de 50 mm. Los promedios mensuales superan 300 mm desde mayo hasta agosto (Edafólogos Consultores S. A, 1981).

La sabana de *Trachypogon* domina este paisaje, observándose el predominio de otras gramíneas solamente en las cañadas y algunos bajos. La vegetación arbórea y arbustiva es escasa en estas sabanas. Los chaparros, mantecos y alcornoques se encuentran principalmente en altos, rebordes y áreas disectadas. En los planos y bajos, son escasas las plantas leñosas encontrándose *Byrsonima verbascifolia* (oreja de burro o carambá) con un tronco leñoso de unos 30 cm y algunos chaparros enanos. En la parte más baja de las cañadas, aparece la palma moriche. Aguas abajo en las cañadas, a medida que se desarrollan en estas pequeños caños que mejoran el drenaje de los suelos adyacentes, incrementan otras especies arbóreas para formar bosques de galería. La sabana arbolada de saladillos (*Caraipa llanorum*) ocupa cañadas y bajos próximos a las vías de drenaje, en una posición un poco más elevada que el morichal.

La ganadería extensiva es el uso predominante en este paisaje. La carga animal es muy baja, con menos de una unidad animal por cada 10 hectáreas. La introducción de pastos de mejor calidad requiere la aplicación de fertilizantes, al igual que los cultivos que pudieran ser sembrados en los altos. Sin embargo, estas alternativas de producción no son económicamente viables a corto plazo,

considerando los altos costos, la fuerte lixiviación de los nutrientes aplicados y la distancia hasta los principales mercados y centros de suministro.

La fuerte concentración de la precipitación durante el período lluvioso, con aguaceros intensos, favorece la erosión, incluso sobre pendientes bajas, y hacen a estas tierras poco aptas para cultivos limpios, aun corrigiendo las limitaciones por fertilidad.

La fosforita y la cal dolomítica pudieran ser los materiales más económicos para corregir las deficiencias generalizadas de fósforo, calcio y magnesio en los suelos ácidos de Apure meridional, para lograr a mediano y largo plazo sistemas de producción más intensivos de forrajes incluyendo leguminosas, así como también cultivos permanentes, plantaciones forestales y sistemas agroforestales.

Un mejor manejo de los pastos naturales y de los rebaños, con un adecuado suministro de minerales, parecen las opciones a corto plazo para el aprovechamiento de estas tierras. Se debe investigar la introducción de especies forrajeras herbáceas, arbustivas y arbóreas, especialmente leguminosas, para mejorar la calidad de la oferta forrajera, mejorar la extracción de los nutrientes de las capas profundas y eventualmente lograr esquemas de producción silvopastoriles sostenibles.

Los rebordes deben utilizarse preferiblemente para especies arbóreas, para fines de construcciones rurales y estantillos de cercas, para evitar la activación de la erosión. La altiplanicie disectada, morichales y bosques de galería deben ser protegidos de las actividades agropecuarias, quedando como refugios de vida silvestre.

## **SUELOS DE PAISAJES COLINARES**

Estos paisajes son extensos en los Llanos Centrales y la cuenca del río Unare. Han sido subdivididos por el sustrato geológico, el cual determina diferencias importantes en los suelos.

### ***Colinas sobre rocas metamórficas e ígneas (C0)***

Esta unidad está conformada por los cerros de El Baúl, un macizo de rocas antiguas que ocupa alrededor de 323 km<sup>2</sup> en el Estado Cojedes. Las rocas constituyentes son metamórficas (filitas, metalimolitas filíticas, cuarcitas), ígneas plutónicas (granito alcalino) del Paleozoico y volcánicas (riolitas, tobas, latitas cuarcíferas) del Mesozoico (González de Juana *et al.*, 1980).

Las elevaciones máximas entre 400 y 500 m.s.n.m, con desniveles de más de 300 m en relación a las planicies circundantes, constituyen montañas bajas. El resto del macizo está conformado por colinas altas y bajas. Son comunes las pendientes fuertes que superan 45 % y también sectores bajos y cumbres del macizo con pendiente entre 8 y 20 %.

Basado en suelos descritos y analizados por Ramia (1993), se concluye que son comunes los suelos con profundidades inferiores a 25 cm (Ustorthents) sobre las diversas rocas del macizo y que también abundan suelos que alcanzan profundidades mayores. Entre los suelos con profundidades mayores de 25 cm, los formados a partir del granito alcalino se clasifican como Haplustalfs. Estos tienen texturas franco arenosas en los horizontes superficiales y franco arcillo arenosas en los subyacentes. El contenido de fragmentos de roca mayores de 2 mm varía entre 5 y 53 % y el pH entre 5,5 y 5,8 en la mayoría de los horizontes.

Sobre las rocas metamórficas se encuentran Haplustults con incrementos fuertes de arcilla en profundidad y Dystrustepts sin este incremento. Las texturas varían de medias a finas, el pH es inferior a 5,5 y los fragmentos de roca varían entre 30 y 70 %. Los mismos grandes grupos se encuentran sobre las rocas volcánicas, con valores de pH entre 4,1 y 5,9 en los horizontes superficiales e inferiores a 5,5 en los subyacentes. Los fragmentos de roca varían entre 7 y 65 %.

La precipitación media anual varía entre 1300 y 1400 mm, con una estación lluviosa de mayo a octubre y un período muy seco de diciembre a marzo. Noviembre y abril son de transición.

Predomina la sabana de *Trachypogon* con los típicos elementos leñosos achaparrados. Hay pequeñas extensiones de bosques que ocupan posiciones

fisiográficas y suelos con mayor capacidad para retener humedad (Ramia, 1993).

Estas tierras son utilizadas para la ganadería extensiva. Por su topografía y susceptibilidad a la erosión debe dedicarse la mayor parte a la conservación de la vida silvestre. Solamente los sectores más bajos y menos pendientes pudieran ser aprovechados bajo uso pecuario o plantaciones forestales.

### ***Colinas con coberturas del Cuaternario***

Es un paisaje de colinas bajas cubiertas por sedimentos del Pleistoceno inferior, asociadas con planos inclinados formados por materiales provenientes de la erosión de las colinas.

#### **Colinas bajas (C1)**

Ocupan apenas 217 km<sup>2</sup> en el noreste del Estado Monagas. Son colinas de 10 a 25 m de alto con pendientes entre 8 y 25 %. Son el resultado del desmantelamiento de la Formación Mesa (COPLANARH, 1974a). Predominan Paleustults y Dystrustepts. Los primeros con texturas medias sobre arcillosas y plintita a menos de 150 cm de profundidad. Los Dystrustepts son arcillosos y ocupan las áreas más pendientes y desmanteladas. Son suelos fuertemente ácidos y bien drenados.

La vegetación natural es el bosque semidecíduo, deforestado para cultivos de subsistencia y el establecimiento de pastizales. Son tierras poco aptas para cultivos, cuyo uso debe ser forestal y pecuario.

#### **Colinas bajas con corazas ferruginosas (C2)**

Estas colinas ocupan alrededor de 2383 km<sup>2</sup> cerca del río Orinoco en los estados Guárico y Anzoátegui. Tienen elevaciones inferiores a 50 m y pendientes desde 5 % hasta más de 16 % en las colinas más elevadas. Se encuentran cubiertas por corazas ferruginosas y capas de grava de cuarzo y de nódulos cementados por óxidos de hierro. Las rocas del Terciario frecuentemente están a poca profundidad. En los fondos entre colinas y sobre

pequeños planos inclinados al pie de las mismas se han acumulado materiales arenosos (COPLANARH, 1974a).

Los suelos predominantes tiene drenaje excesivo y son clasificados como Ustorthents poco profundos y esqueléticos. En los sitios menos erosionados se encuentran Haplustoxs y Kanhaplustults bien drenados y con texturas medias. Algunos Quartzipsamments están ubicados entre las colinas sobre acumulaciones arenosas profundas. Son suelos fuertemente ácidos y con muy bajo contenido de bases intercambiables.

Los valles de los principales ríos sufren inundaciones durante el período lluvioso, en ellos se encuentran suelos con texturas medias a gruesas y drenaje pobre a imperfecto, cuya clasificación actual corresponde a Endoaquepts y Ustipsamments. Los valles menores son coluvio – aluviales, menos afectados por inundaciones, con suelos arenosos (Quartzipsamments) y poco profundos y esqueléticos (Ustorthents). También se encuentran algunos valles con morichales y suelos ricos en materia orgánica (histosoles y Humaquepts).

La precipitación media anual es alrededor de 1250 mm, con una estación seca intensa desde diciembre hasta abril.

La vegetación predominante es la sabana de Tachypogon con escasos elementos leñosos, los cuales se concentran en el fondo de las ondulaciones. En los valles se encuentran bosques de galería y morichales.

Estos suelos son utilizados para una ganadería extensiva marginal. Muchos sectores con afloramientos de corazas y suelos poco profundos y esqueléticos, no tienen posibilidad de uso agropecuario o forestal. En los sitios con mejores condiciones y cobertura de vegetación, es posible la producción pecuaria basada en el manejo racional de la vegetación natural y el establecimiento de pastizales introducidos donde las características edáficas lo permitan.

### **Colinas y planos (C3)**

Ocupan 7277 km<sup>2</sup> en los estados Guárico y Anzoátegui, al norte de la unidad C2. Constituyen una superficie de denudación (erosión) plana a ondulada, donde predominan pendientes entre 1 y 12 %, correspondiendo las

pendientes mayores a lomas y colinas muy bajas. Localmente, esta superficie ha sido disectada, encontrándose colinas con desniveles de hasta 40 m, pendientes que llegan a superar 25 % y áreas fuertemente erosionadas por cárcavas. Este paisaje se encuentra cortado por valles coluvio-aluviales con características similares a la unidad C2. La Formación Mesa ha sido truncada fuertemente, aflorando localmente formaciones del Terciario con predominio de lutitas (COPLANARH, 1974a).

Los suelos formados en las coberturas de la Formación Mesa son clasificados principalmente como Kanhaplustults. Tienen drenaje bueno a moderadamente bueno, texturas medias sobre arcillosas y pH inferior a 5,5. Los suelos formados sobre el material Terciario son clasificados como Haplustepts. Tienen drenaje bueno a imperfecto, texturas finas, pH entre 6,0 y 6,5 y profundidad moderada hasta la roca alterada. También se encuentran Ustorthents formados en capas de grava de cuarzo y de nódulos ferruginosos.

El clima tiene características similares al de la unidad C2. Predomina la sabana de *Trachypogon* con variable densidad de especies leñosas. En sitios bajos y a lo largo de drenajes naturales se ubican bosques deciduos y semideciduos.

La mayor parte de estas tierras se encuentran bajo uso pecuario extensivo. Este uso constituye la mejor alternativa, manejando la vegetación natural y estableciendo pastizales donde las características edáficas lo permitan. Los cultivos solamente tienen posibilidades locales. Para plantaciones forestales deben seleccionarse los suelos más profundos.

#### **Colinas y planos con médanos (C4)**

Ocupan 1122 km<sup>2</sup> dentro de la unidad C3, con la cual comparten la mayoría de las características. Se distinguen por la presencia de médanos que cubren alrededor de 20 % del área delimitada. Los suelos sobre los médanos tienen texturas arenosas y areno francosas (Quartzipsamments) y entre ellos se encuentran depresiones que sufren excesos de agua durante el período lluvioso con suelos con textura medias a finas. Los restantes suelos del área, el clima, la vegetación y las posibilidades de uso son similares a la unidad C2.

### ***Colinas sobre rocas sedimentarias del Terciario***

Cubren una superficie extensa al norte de los Llanos Centrales y en la cuenca del río Unare. Este paisaje ha sido originado por el dismantelamiento y remoción de la Formación Mesa, persistiendo apenas unos delgados remanentes localizados. El Terciario sedimentario constituido principalmente por lutitas, areniscas, limolitas, arcillitas y conglomerados de guijarros arcillosos, aflora en la mayor parte de esta superficie o se encuentra cubierto por delgadas capas de sedimentos coluvio – aluviales provenientes de estas rocas y en menor proporción de los restos del Cuaternario. El relieve está constituido por colinas bajas (desnivel < 100m) y áreas planas a suavemente onduladas y se encuentra cortado por los valles de los principales ríos, específicamente los ríos Guárico, Orituco, Unare y afluentes. La elevación varía desde 20 m.s.n.m. en la parte baja de la cuenca del río Unare, hasta alrededor de 300 m.s.n.m. en el contacto con el Sistema Montañoso del Caribe.

La precipitación media anual varía entre 800 y 1200 mm, con tres a cinco meses por año con una precipitación media mensual superior a 100 mm y con 5 a 6 meses con promedios mensuales inferiores a 50 mm.

Por las pendientes predominantes han sido separadas dos unidades, las cuales tienen características similares de suelos y de vegetación:

- Colinas y planos (C5), ocupan 20694 km<sup>2</sup>.
- Colinas y planos fuertemente ondulados (C6), ocupan 13508 km<sup>2</sup>.

En la unidad C5 predominan pendientes de 1 a 8 % con inclusiones de colinas con pendientes mayores. En la unidad C6 predominan colinas con pendientes de 8 a 20 %, localmente mayores, las cuales rodean a planos y colinas muy bajas con pendientes menores.

La descripción de los suelos se basa en estudios realizados por COPLANARH (1969), Bravo (1973), Castillo y Valera (1974) y PINT (1990). Se observa un predominio marcado de Haplusterts (perfil 42) y de Haplustalfs (perfiles 39, 40 y 41). Los Haplusterts están constituidos por arcillas fuertemente expansibles y tienen drenaje moderadamente bueno a bueno. El pH varía de 5 a 6 en los horizontes superficiales, incrementando en profundidad hasta niveles neutros a moderadamente alcalinos. La saturación con bases

generalmente supera 50 %. Estos suelos frecuentemente tienen salinidad moderada a más de 50 cm y en algunos casos más de 15 % de sodio intercambiable a menos de 100 cm de profundidad.

Los Haplustalfs tienen texturas medias a finas, con incrementos de arcilla en profundidad. El pH varía de 4,5 a 6 en los horizontes superficiales y de 5,5 hasta más de 7 en los subyacentes. Los suelos de colinas localmente tienen en superficie gravas del Cuaternario o bloques de arenisca. En muchos sectores muestran fuertes evidencias de erosión.

En áreas bajas, donde se acumulan excesos de agua se encuentran principalmente Epiaquepts y Epiaqualfs. Estos difieren respectivamente de los Haplusterts y Haplustalfs, por tener drenaje pobre a imperfecto y un pH menor en los horizontes superficiales. Algunos Aquerts con un pH inferior a 5 en una capa superficial de más de 25 cm clasifican como Dystraquepts. Menos comunes son los Epiaquepts y Epiaquults. Los primeros son similares a los Epiaquepts pero con un menor contenido de arcillas expansibles. Los Epiaquults son similares a los Epiaqualfs pero con menor saturación con bases.

Sobre algunas colinas se encuentran: Haplustepts con texturas finas, sin incremento de arcilla en profundidad y afectados por erosión; Haplustults y Paleustults más ácidos y con menor saturación con bases que los Haplustalfs; Ustipsamments arenosos y excesivamente drenados.

Una importante diversidad de suelos están ubicados en los valles: Ustorthents con grava a poca profundidad en vegas inundadas ocasionalmente; Haplustepts profundos, con drenaje moderadamente bueno a bueno, texturas medias y pH ligeramente ácido a neutro, sobre bancos en llanuras de desborde; Epiaquepts, Epiaqualfs y Epiaquepts arcillosos, con drenaje imperfecto a pobre, en bajíos de llanuras de desborde y terrazas; Haplustalf bien drenados con textura medias en terrazas.

En el valle del río Unare y de sus afluentes predominan suelos con texturas finas incluyendo abundantes vertisoles. En los valles de los ríos Guárico, Orituco y afluentes existe una extensión importante de suelos con texturas medias y elevada fertilidad natural, además de los suelos con textura fina.



Originalmente este paisaje estaba cubierto por bosques deciduos, matorrales, sabanas arboladas y con palmas (*Copernicia tectorum*) y en los valles bosques de galería. La mayor parte de los bosques han sido deforestados para desarrollar actividades agropecuarias.

Gran parte de estas tierras se encuentran bajo pastizales introducidos y cultivos mecanizado, con siembras importantes de sorgo y maíz. Los restos de la cosecha son utilizados para la alimentación animal. La siembra de estos cultivos sobre pendientes superiores a 3 %, sin prácticas de conservación de suelos, esta provocando erosión laminar y en surcos. Muchos sectores bajo cultivo, con pendientes superiores a 8 %, muestran evidencias de erosión moderada a severa.

La presencia de suelos con fertilidad moderada sobre pendientes planas a suavemente onduladas favorece la producción agrícola. Sin embargo, el clima representa una limitación importante en estas tierras, por el intenso período seco y los riesgos de sequías cortas durante la estación húmeda. Además existe una baja disponibilidad de aguas subterráneas y las aguas superficiales están cada vez más comprometidas para los centros urbanos. Por lo anterior, deben preferirse cultivos tolerantes a las sequías como el sorgo. El maíz solamente debe ser sembrado en los sectores donde las precipitaciones durante el período lluvioso tienen menores probabilidades de fallar. Además es indispensable adelantar prácticas de conservación de suelos y de mínima labranza para reducir la erosión de los suelos. Las tierras con pendientes superiores a 8 % solamente deben ser cultivadas ocasionalmente en rotaciones a largo plazo con pastizales, a menos que se apliquen prácticas de conservación intensivas. Las tierras con pendientes superiores a 16 % deben ser dedicados a usos pecuarios. Las pérdidas de suelo por erosión pueden producir pérdidas irreparables en la calidad de los suelos. En efecto, comparado con los horizontes superficiales, las capas subyacentes tienen características menos favorables para el crecimiento de las plantas, debido a contenidos de arcilla muy altos, menores contenidos de materia orgánica y, en algunos sectores, por la presencia de salinidad y moderados a altos niveles de sodio intercambiable.

## **VOCACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL DE LAS TIERRAS LLANERAS**

Por su extensión, topografía plana, abundantes aguas superficiales y subterráneas y por la presencia de suelos diversos, incluyendo bien drenados con moderada y alta fertilidad natural, las tierras llaneras constituyen la provincia fisiográfica del país con mayor potencial agropecuario. Uno de los aspectos fundamentales para el desarrollo de la agricultura en esta región es adecuar los sistemas de producción al potencial de las tierras, para desarrollar actividades agropecuarias más competitivas. Es común en esta región la siembra de cultivos exigentes sobre suelos que no presentan las condiciones óptimas para el desarrollo de los mismos, a su vez que se utilizan suelos de alta calidad para usos extensivos, que bien pudieran ser ubicados sobre las abundantes tierras con menor potencial por limitaciones edáficas, topográficas o por disponibilidad de agua.

Para orientar un aprovechamiento más eficiente de las tierras llaneras se establecen las siguientes agrupaciones de las tierras:

Tierras planas con una estación seca pronunciada, con predominio de suelos que tienen drenaje bueno a imperfecto (factible de mejoramiento), con moderada a alta fertilidad natural y texturas medias (también finas si los suelos tienen estructura favorable). Estas tierras están ubicadas en las planicies del Holoceno de los Llanos Occidentales y en menor extensión en las planicies y valles de los Llanos Centrales y Orientales. Deben ser utilizadas principalmente para la producción agrícola, especialmente cultivos mecanizados y para hortalizas, frutales y caña de azúcar con riego suplementario. La producción animal debe ser complementaria de la producción vegetal.

Tierras planas con un clima húmedo y estación seca corta, con predominio de suelos con drenaje bueno a imperfecto (factible de mejoramiento), con baja a alta fertilidad natural, texturas medias (también finas si los suelos tienen estructura favorable). Estas tierras están ubicadas principalmente en las planicies del Holoceno y Pleistoceno de los Llanos Occidentales. Deben ser utilizadas principalmente para cultivos de plantación (palma aceitera, cacao, plátano), raíces y tubérculos de piso tropical y ganadería de ceba y doble propósito. Tienen además un gran potencial para plantaciones forestales y sistemas agroforestales, donde se combina la producción forestal con la producción agropecuaria.

Tierras planas con una estación seca pronunciada, donde predominan suelos con drenaje imperfecto a pobre, texturas finas con moderada a alta fertilidad natural, ubicadas principalmente en las planicies del Holoceno de los Llanos Occidentales y en menor extensión en las planicies y valles de los Llanos Centrales y Orientales. Estas tierras deben ser utilizadas principalmente para la producción de arroz con riego suplementario, la producción pecuaria sobre pastos introducidos y la piscicultura.

Tierras planas con una estación seca pronunciada, con predominio de suelos con drenaje excesivo a bueno, texturas gruesas a medias y baja fertilidad natural, ubicadas principalmente sobre las altiplanicies de los Llanos Orientales y en menor extensión en los Llanos Centrales y sobre las planicies del Pleistoceno próximas al piedemonte en los Llanos Occidentales. Si estas tierras cuentan con disponibilidad de agua para el riego, pueden ser utilizadas para una gran diversidad de cultivos, incluyendo hortalizas y frutales. Áreas sin posibilidad de riego pueden ser utilizadas para cultivos tolerantes a las limitaciones edáficas, producción pecuaria sobre pastizales establecidos, plantaciones forestales y sistemas agroforestales. Son importantes los sistemas de almacenamiento de excedentes de forrajes para la estación seca. En estas tierras, es indispensable una cuidadosa práctica de fertilización que evite crear desequilibrios químicos en los suelos y pérdidas excesivas por lixiviación conducentes a la contaminación de aguas subterráneas.

Tierras planas a onduladas con una estación seca pronunciada y riesgos de sequías durante el periodo húmedo, con predominio de suelos con drenaje bueno, texturas finas a medias, moderada fertilidad natural y sin disponibilidad de agua para riego, ubicadas principalmente en el paisaje de colinas y planos de los Llanos Centrales. Estas tierras deben ser utilizadas para la producción agropecuaria, estableciendo pastizales y sembrando cultivos tolerantes al déficit hídrico. Son importantes los sistemas de almacenamiento de forrajes y el aprovechamiento de los restos de cosecha en la alimentación animal. Es indispensable evitar la erosión con prácticas de conservación de suelos.

Tierras planas y fuertemente afectadas por inundaciones y excesos de agua durante gran parte del año, donde predominan suelos con drenaje pobre a muy pobre, texturas finas y con moderada fertilidad natural, ubicadas principalmente en las planicies bajas de los Llanos Occidentales y en menor extensión en los Llanos Centrales. Estas tierras deben ser utilizadas

principalmente para la producción de carne y leche con ganado bufalino, sobre pastizales naturales, complementada con el manejo y aprovechamiento racional de la fauna silvestre (baba, chigüire y otros).

Tierras con severas limitaciones que las hacen aptas principalmente para el uso pecuario de sabanas, además de permitir en algunos sectores aptos para tal fin, el establecimiento de pastizales, plantaciones forestales y de sistemas agroforestales. Incluye tierras con topografía fuertemente ondulada o con suelos poco profundos y esqueléticos ubicados principalmente en los Llanos Centrales y Orientales; tierras con excesos de agua y suelos con baja fertilidad y características físicas desfavorables en las planicies eólicas y del Pleistoceno en los estados Apure y Guárico; y tierras de la altiplanicie de Apure meridional, donde limitaciones edáficas y en parte de drenaje, combinadas con una elevada precipitación concentrada durante el período lluvioso, limitan la producción de cultivos.

Tierras que deben ser dedicadas a la protección. Incluye los morichales y los bosques ubicados en las vegas de los ríos; es necesario restaurar los bosque de galería. Las reservas forestales deben ser recuperadas, para dedicarlas al manejo y aprovechamiento de los bosques y el establecimiento de plantaciones en los sitios intervenidos. Los parques nacionales de Aguaro - Guaritico, Cinaruco - Capanaparo y Río Viejo deben recibir una protección adecuada.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Berroterán, J. L. 1988. Paisajes ecológicos de sabanas en Llanos Altos Centrales de Venezuela. *Ecotrópicos* 1(2):92-107.
- Bravo, O. 1973. Estudio de suelos preliminar del valle Quebrada Honda Estado Guárico. División de Edafología, Ministerio de Obras Públicas. Barcelona. 92 pp.
- Brito, P., J. Comerma & R. Cañizales. 1980. Estudio agrológico tipo reconocimiento de la zona de Chaguaramas Estado Monagas. FONAIAP – MAC. Maracay. Boletín Técnico N° 20, pp. 20.

- Botero, P. J. & D. H. Serrano. 1992. Estudio comparativo de Orinoquia –Amazonía (ORAM) Colombianas. *Revista CIAF* 13(1):87-115.
- Brinkman, R. 1979. Ferrollysis a soil forming process in hydromorphic conditions. Agriculture Research Report 887. Agricultural University, Wageningen. 105 pp.
- Castillo, F. & G. Valera. 1974. Estudio de suelos preliminar del valle del río Unare sector El Chaparro – Zaraza estados Anzoategui y Guárico. División de Edafología, Ministerio de Obras Públicas. Barcelona. 80 pp.
- Colinvaux, P. 1993. Pleistocene biogeography and diversity in tropical forests of South America. En: P. Goldblatt (ed). *Biological relationships between Africa and South America*. Yale University Press. New Haven. pp. 473-498.
- Colmenares, E., A. Corzo & P. Hernández. 1974. Estudio de suelos gran visión Uribante-Arauca, informe de avance. División de Edafología, Ministerio de Obras Públicas. San Cristóbal. 29 pp.
- Colmenares, E. & C. Padilla. 1974. Estudio de suelos preliminar Biruaca-Apurito, Estado Apure. División de Edafología, Ministerio de Obras Públicas. Guanare. 74 pp.
- Comerma, J. A. 1970. Caracterización mineralógica de algunos suelos del occidente de Venezuela. *Agronomía Tropical* 20(4): 227-247.
- Comerma, J. A. & O. Luque. 1971. Los principales suelos y paisajes del estado Apure. *Agronomía Tropical* 21(5):379-396.
- Comerma, J. A. & A. V. Chirinos. 1976. Características de algunos suelos con y sin horizonte argílico en las mesas orientales de Venezuela. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay. 29 pp.
- COPLANARH. 1969. Inventario nacional de tierras. Subregión 7A Unare – Neverí. Comisión del Plan Nacional del Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. Publ. N° 7. Caracas. 112 pp.

- COPLANARH. 1974a. Inventario nacional de tierras regiones centro oriental y oriental. Comisión del Plan Nacional del Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. Pub. N° 35. Caracas. 415 pp.
- COPLANARH. 1974b. Estudio geomorfológico de los Llanos Orientales. Comisión del Plan Nacional del Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. Publ. N° 38. Caracas. 164 pp.
- COPLANARH. 1974c. Estudio geomorfológico de los Llanos Centro Orientales. Comisión del Plan Nacional del Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. Publ. N° 41. Caracas. 78 pp.
- Damuth, J. E. & R. W. Fairbridge. 1970. Equatorial atlantic deep – sea arkosic sands and ice – age aridity in tropical South America. Geological Society of America Bulletin 81: 189-206.
- Daugherty, L. A. 1975. Characterization of some plinthite soils on alluvial landforms in Venezuela. Ph.D. thesis. Cornell University, Ithaca, New York. 350 pp.
- Díaz de Gamero, M. L. 1996. The changing course of the Orinoco river during the Neogene: A review. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 123:385-402.
- Dumith, D. A. 1973. Taxonomic considerations of some clayey soils of Venezuela. M. S. thesis. Cornell University. 139 pp.
- Edafólogos Consultores S. A. 1981. Estudio agrológico gran visión del estado Apure. MARNR. Caracas. 740 pp. Anexo: Descripción y análisis de calicatas. 934 pp.
- García-Miragaya, J., R. Schargel, M. Ramia & L. Martín. 1990. Chemical properties of soils where palm trees grow in Venezuela. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 21(5-6):337-339.
- González de Juana, C., J. M. Iturralde de Arozena & X. Picard-Cadillat. 1980. Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Ediciones FONINVES. Caracas. 1031 pp.

- González, V. 1987. Los morichales de los Llanos Orientales un enfoque ecológico. Ediciones Corpoven. 56 pp.
- Goosen, D. 1964. Geomorfología de los Llanos Orientales. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias. 12(49):129-139.
- Goosen, D. 1971. Physiography and soils of the llanos orientales, Colombia. International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences. Enschede. Publications series B N° 64. 199 pp.
- Herrera, R. & M. Tamers. 1971. Radiocarbon dating of tropical soil associations in Venezuela. En: D. Yaalon (Ed). Palaeopedology. Israel University Press. pp. 109-116.
- Herrera, R. & M. Heurtebise. 1974. Neutron activation analysis of trace elements in quartz sands: Its possibilities in the assessment of provenance. Chemical Geology 14:81-83.
- Humbolt, A. 1941. Viaje a las regiones equinociales del nuevo continente (1799-1804). Tomo 3. Biblioteca Venezolana de la Cultura. Ediciones del Ministerio de Educación, Caracas.
- IGAC. 1983. Mapa de suelos de la república de Colombia. Escala 1:1.500.000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá.
- Larreal, M., L. Graterol & S. Mazzei. 1975. Estudio de suelo semidetallado unidad agrícola Turén. División de Edafología, Ministerio de Obras Públicas. Guanare. 282 pp.
- Madero, L. & S. Torres. 1998. Suelos de referencia del área de Chaguaramas. Centro de Información y Referencia de Suelos, UCV. Maracay. 57 pp.
- Malagón, D. & G. Ochoa. 1980. Caracterización mineralógica, micromorfológica y de génesis de suelos de las planicies cuaternarias de la región sur de San Fernando de Apure, Venezuela. CDIAT, Mérida. SC-37. 153 pp.
- Mata, A. 1992. Fundamentos para el manejo de los suelos de los Llanos Orientales de Venezuela. Trabajo de ascenso. Universidad de Oriente. Maturín. 291 pp.

- Mercier, V. 1976. Estudio geomorfológico del área de Chaguaramas, Estado Monagas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay. Boletín Técnico N° 5. 58 pp.
- Ochoa, G. 1983. caracterización mineralógica y génesis de una secuencia de suelos desarrollada en depósitos aluviales del río Socopó, Ticoporo Estado Barinas. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes, Mérida. 180 pp.
- Pacheco, J. 1980. Estudio de los efectos causados por la mecanización en algunas características físico – químicas de los suelos Fluventic Ustropept y Aeric Tropaquept en la Unidad Agrícola Turén y su repercusión en el rendimiento del ajonjolí. M. S. Tesis. CIDIAT, Mérida. 136 pp.
- Pérez-Hernández, D. & J. L. López. 1998. Procesos geomorfológicos y estructuras sedimentarias en el río Orinoco. En: J. L. López, I. I. Saavedra y M. Dubois (Ed). El río Orinoco aprovechamiento sustentable. Universidad Central de Venezuela. Caracas. pp. 139-154.
- Pérez-Materán, J. R., A. Corzo, J. M. Gómez, M. Larreal & T. Valerio. 1980. Estudio de suelos preliminar del polígono de expropiación de módulos de Apure. MARNR. Serie de Informes Científicos Zona 3/IC/27. Barquisimeto. 221 pp.
- PINT. 1978. Estudio geomorfológico de los llanos centro occidentales. MARNR, Programa Inventario Nacional de Tierras. Serie de Informes Científicos Zona 2/IC/20. Maracay. 95 pp.
- PINT. 1979. Inventario nacional de tierras llanos centro occidentales. MARNR, Programa Inventario Nacional de Tierras. Serie de Informes Científicos Zona 2/IC/22. Maracay. 199 pp.
- PINT. 1984. Geomorfología de los Llanos Occidentales, enfoque metodológico e hipótesis de la evolución de los Llanos de Venezuela. MARNR, Programa Inventario Nacional de Tierras. Serie de Informes Científicos Zona 2/IC/61. Maracay. 110 pp.
- PINT. 1985. Inventario nacional de tierras llanos occidentales. MARNR, Programa Inventario Nacional de Tierras. Serie de Informes Científicos Zona 2/IC/63. Maracay. Tomos 1 y 2 532 pp.



- PINT. 1990. Inventario nacional de tierras Guárico central y sur de Aragua. MARNR, Programa Inventario Nacional de Tierras. Serie de Informes Científicos Zona 2/IC/66. Maracay. Tomos 1 y 2 179 y 264 pp.
- Pouyllau, M. 1985. Geomorfología de Venezuela, mapa escala 1:4.000.000. Centre D'Etudes de Geographie Tropicale C.N.R.S. Francia.
- Ramia, M. 1967. Tipos de sabanas en los llanos de Venezuela. Bol. Soc. Ven. Cien. Nat. 27:264-288.
- Ramia, M. 1980. Relaciones geomorfología-suelo-vegetación en el Alto Apure. Trabajo de ascenso, Facultad de Ciencias, UCV. Caracas. 404 pp.
- Ramia, M. 1993. Ecología de las sabanas del Estado Cojedes: relaciones vegetación – suelos en sabanas secas. Colección Cuadernos FLASA Serie Ciencia y Tecnología N° 4. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Caracas. 99 pp.
- Ramia, M. & A. Montes. 1975. Vegetación y uso de la tierra del asentamiento Payarita (medio Apure). Bol. Soc. Ven. Cien Nat. 31:417-446.
- Ramia, M. & G. Morales. 1978. El estero llanero. Natura 63:36-40.
- Roa-Morales, P. 1979. Estudio de los médanos de los Llanos Centrales de Venezuela: Evidencias de un clima desértico. Acta Biol. Venez. 10(1):19-49.
- Roa-Morales, P. 1981. Algunos aspectos de la evolución sedimentológica y geomorfológica de la llanura aluvial de desborde en el bajo llano. Bol. Soc. Ven. Cien. Nat. 36:57-90.
- Sánchez, R. J. & P. Marvez. 1990. Estudio de suelos semidetallado proyecto Guanare-Masparro. Etapa 1. MARNR. Serie de Informes Técnicos Zona 8/IT/274. Guanare. 319 pp.
- Schargel, R. 1972. Características y génesis de una cronosecuencia de suelos desarrollada sobre depósitos aluviales entre los ríos Boconó y Masparro, Estado Barinas. Agronomía Tropical 22(4):345-373.

- Schargel, R. 1978. Características de algunos suelos con arcilla de baja actividad de los llanos. MARNR, Serie de Informes Técnicos Zona 8/IT/24. Guanare. 52 pp.
- Schargel, R. 1984. Características y génesis de suelos con horizontes nátricos en el Alto Apure. Rev. UNELLEZ de Cien. & Tec. 2(5):85-89.
- Schargel, R. 1997. Los suelos del Estado Apure: El Alto Apure. Trabajo de ascenso. UNELLEZ. Guanare. 307 pp.
- Schargel, R. & R. González. 1973. Estudio agrológico preliminar sectores Bruzual y Mantecal, Estado Apure. División de Edafología, Ministerio de Obras Públicas. Caracas. 144 pp y anexos.
- Schargel, R., R. A. González & S. J. Strebin. 1980. Estudio agrológico gran visión Caicara del Orinoco Estado Bolívar. Serie de Informes Científicos DGIIA/IC/05. Caracas. 256 pp.
- Schargel, R. & G. Aymard. 1993. Observaciones sobre suelos y vegetación en la llanura eólica limosa situada entre los ríos Capanaparo y Riecito, Estado Apure, Venezuela. Biollania 9:119-147.
- Schubert, C. 1988. Climatic changes during the last glacial maximum in northern South America and the Caribbean. A review. Interciencia 13(3):128-137.
- Schubert, C., H. Briceño & P. Fritz. 1986. Paleoenvironmental aspects of the Caroní-Paragua river basin (southeastern Venezuela). Interciencia 11(6):278-289.
- Schubert, C. & J. E. Vaz. 1987. Edad termoluminiscente del complejo aluvial Cuaternario de Timotes, Andes Venezolanos. Acta Científica Venezolana 38:285-286.
- Schubert, C. & L. Vivas. 1993. El Cuaternario de la Cordillera de Mérida, Andes Venezolanos. Universidad de los Andes y Fundación Polar. Mérida. 345 pp.
- Soil Survey Staff. 1999. Keys to soil taxonomy. Agriculture handbook N° 436. U. S. Department of Agriculture. Washington, DC. 869 pp.

- Stagno, P. & P. Steegmayer. 1972. La erosión reticular en el sur del lago de Maracaibo. *Agronomía Tropical* 22(2):99-118.
- Thompson, K. S. 1993. Northern exposures. *American Scientist* 81(6):522-525.
- Tricart, J. 1985. Evidences of upper Pleistocene dry climates in northern South America. En: I. Douglas y T. Spencer (Ed). *Environmental change and tropical geomorphology*. George Allen & Unwin. London. pp. 197-217.
- Trujillo, J. 1971. Estudio preliminar y agrológico parcelamiento El Nula, Estado Apure. Instituto Agrario Nacional. Caracas. 79 pp.
- Valerio, T. J. & A. J. Chacín. 1981. Estudio de suelos semidetallado preliminar del sector caño Tonina – río Sarare – Tres Bocas – Puente Molino. MARNR. Serie de Informes Técnicos Zona 6/IT. San Cristóbal. 75 pp. Anexo: Descripción y análisis de calicatas.
- Vaz, J. E. & J. García-Miragaya. 1989. Thermoluminescence dating of fossil sand dunes in Apure, Venezuela. *Acta Científica Venezolana. Avances de Investigación* 40(1):81-82.
- Vaz, J. E. & J. García-Miragaya. 1992. Thermoluminescence dating and chemistry of quaternary sodic alluvial soils in the Venezuelan Savanna. *Catena* 19(2):209-220.
- Westin, F. 1962. The major soils of Venezuela. Project VEN/TE/LA, FAO. Roma. 151 pp.
- Yáñez, J. L. 1985. Características mineralógicas, químicas y mecánicas de algunos suelos derivados de coberturas limosas en el área de Elorza, Estado Apure. Tesis MSc, facultad de Agronomía, UCV. Maracay. 182 pp.
- Zinck, A. 1967. Algunas consideraciones sobre estudios edafológicos. División de Edafología, Ministerio de Obras Públicas. Barcelona. 41pp.
- Zinck, A. 1981. Definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos. CIDIAT, Mérida. SC-46. 114 pp.

Zinck, A. & P. Stagno. 1966. Estudio edafológico de la zona Santo Domingo-Pagüey, estado Barinas. División de Edafología, Ministerio de Obras Públicas. Guanare. 304 pp.

Zinck, A. & P. L. Urriola. 1970. Origen y evolución de la Formación Mesa, un enfoque pedológico. División de Edafología, Ministerio de Obras Públicas. Barcelana. 83 pp.



---

## DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS LLANEROS VENEZOLANOS

*Roberto López  
Fernando Delgado*

### INTRODUCCIÓN

Hasta mediados del siglo XX, la agricultura en los llanos venezolanos se caracterizó por el predominio de la ganadería extensiva y, en menor grado, por el establecimiento de plantaciones tropicales tradicionales en pequeñas unidades de producción en las cuales las prácticas mecanizadas de laboreo del suelo eran relativamente inexistentes. En los años 1940, se inició progresivamente en Venezuela el proceso de colonización y modernización agrícola. Dicho proceso vino acompañado de un crecimiento urbano e industrial acelerado que trajo consigo incrementos en la demanda de alimentos y en el poder adquisitivo de la población, los cuales introdujeron cambios significativos en los patrones de consumo y en las características y naturaleza de la producción agropecuaria nacional.

En la historia del aprovechamiento agrícola de los llanos venezolanos, apenas pocas décadas después del establecimiento de la agricultura mecanizada, comenzaron a aparecer los primeros indicios de la degradación de los suelos. Es el caso de los Llanos Occidentales, cuyos suelos, por más de cuatro décadas, han sido utilizados bajo sistemas de producción intensiva de cultivos, tales como los de maíz (*Zea mays*), ajonjolí (*Sesamun indicum*), sorgo (*Sorghum vulgare*), girasol (*Heliantus annus*), algodón (*Gossypium hyrsutum*), arroz (*Oryza sativa*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), entre otros. En ellos

ha sido común la carencia de un manejo adecuado, lo cual ha incidido en un importante deterioro de los suelos.

Con la intensificación de la agricultura, se incrementa el uso de la mecanización agrícola, la utilización de equipos e implementos más grandes y pesados y laboreo más intensivo del suelo para manejar eficientemente superficies extensas. Aunado a ello, se introducen variedades de cultivos e híbridos mejorados con tendencia hacia el monocultivo, generalmente demandando un mayor uso de fertilizantes y un exigente control de plagas y enfermedades. Simultáneamente, se da inicio a importantes proyectos de riego, drenaje y saneamiento de tierras, todo lo cual conlleva a la aplicación de prácticas culturales intensivas que aceleran considerablemente los procesos de degradación de los suelos.

En general, con el desarrollo agrícola, urbano e industrial de las planicies bajas de Venezuela, el problema actual y potencial de la degradación de los suelos se ha ido extendiendo y adquiriendo mayor importancia relativa en estas áreas. Particularmente, tanto la intensificación de la producción agrícola en los suelos de buena calidad, como la expansión de la frontera agrícola sobre suelos con limitaciones crecientes, se ha llevado a cabo en las tierras llaneras sin considerar la susceptibilidad de sus suelos a la degradación y sin mayores consideraciones sobre los requerimientos de manejo agronómico conservacionista para el logro de una producción sostenida.

Al estudiar estos problemas a fines de los años setenta, Pla (1978) señalaba que, a pesar de la variedad de los procesos de degradación de suelos que afectan las zonas bajas y planas de Venezuela, todos ellos tienen en común como causas fundamentales la adopción de patrones de desarrollo agrícola y el uso y manejo de los suelos no apropiados para las diferentes combinaciones suelo-clima que se expresan en estas zonas. Muchos de esos patrones fueron desarrollados para clima templado menos agresivo que el clima tropical, el cual se caracteriza por precipitaciones de altas intensidades y de distribución irregular, y para suelos más estables y menos frágiles que muchos de los suelos tropicales. La adopción de estos patrones ha pretendido establecer sistemas agrícolas más productivos que los autóctonos bien adaptados a las condiciones de clima y suelos del país, pero no lo suficientemente productivos para satisfacer las necesidades de alimentación de la población en constante crecimiento.

## DEGRADACIÓN DEL SUELO: LOS PROCESOS Y SU EXPRESIÓN EN LAS TIERRAS LLANERAS

La degradación del suelo ha sido definida de muchas maneras. A menudo se refiere a la función (agro) productiva del suelo y, de una manera general se describe como el deterioro de la calidad del suelo que se manifiesta en la pérdida de productividad y utilidad actual o potencial del mismo, lo cual implica el desmejoramiento del suelo en su capacidad de producción de bienes y de regulación ambiental. Como consecuencia de la degradación del suelo, la superficie de tierra degradada o perdida tiene que ser reemplazada mediante un proceso que comúnmente implica la utilización de nuevos lotes de terreno con una capacidad de uso que no satisface los requerimientos.

Los procesos de degradación del suelo en las tierras agrícolas son diferenciados en dos grandes categorías (Oldeman y van Lynden, 1998):

- a) Aquellos procesos relacionados con el desplazamiento de material del suelo por el agua o por el viento, que si bien tienen importantes efectos locales (*in situ*), también generan efectos de gran significación a distancia (*ex situ*), tales como la sedimentación, inundaciones, destrucción de ecosistemas marinos y daños a obras de infraestructura, entre otros.
- b) Procesos que determinan el deterioro *in situ* de las cualidades del suelo. Tales procesos pueden ser de naturaleza química (agotamiento de nutrientes, pérdida de materia orgánica, salinización, acidificación, contaminación), física (sellado y encostramiento de la superficie del suelo, compactación, anegamiento), y también biológica, conducente a un desbalance de la actividad biológica en el suelo.

En los suelos de los llanos de Venezuela, se manifiestan procesos de degradación de diferente naturaleza, sin embargo se destacan los problemas que se asocian a la degradación de la estructura del suelo y a la erosión hídrica, procesos que disminuyen la calidad del suelo para el aprovechamiento agrícola y degradan los agroecosistemas y el medio ambiente en general. También se expresan procesos como la salinización y/o alcanización, la acidificación de los suelos, y otros problemas de degradación cuya expresión es menos generalizada.



Los procesos de degradación del suelo, aunque descritos por separado, están estrechamente relacionados, de modo que unos pueden ser causa o consecuencia de otros. Ello se pone de manifiesto en la breve descripción de tales procesos y de su manifestación en tierras de los llanos de Venezuela que se presenta a continuación. Debe tenerse en cuenta que las apreciaciones que se hacen en esta presentación se basan en una insuficiente información disponible de suelos, la cual se encuentra principalmente a escala muy pequeña (1:250.000), y en una muestra de la información generada por la escasa investigación realizada en el tema, localmente.

## **Erosión eólica**

### ***Definición del proceso***

Dondequiera que el suelo sea débilmente agregado y seco, la superficie del terreno lisa y desnuda y los vientos sean fuertes, habrá propensión a la erosión eólica. De hecho, las zonas más severamente afectadas por este proceso de degradación son aquellas de climas áridos y semiáridos. Sin embargo, la erosión eólica es también severa en algunas regiones húmedas, donde los vientos fuertes pueden desarrollarse moviendo dunas en las zonas costeras. Los principales factores que afectan la magnitud de la erosión eólica son principalmente: la resistencia del suelo a la erosión, la rugosidad de la superficie del terreno, la precipitación, la forma de relieve, la longitud del área expuesta, la cobertura vegetal y, por supuesto, la velocidad del viento.

### ***Regiones afectadas***

El área más extensa de formaciones eólicas que posee Venezuela corresponde a las denominadas llanuras eólicas, que se ubican al sur de río Arauca en los llanos del Sur-Occidente, en la región centro oriental del Estado Apure, cubriendo alrededor de dos millones de hectáreas. Tales formaciones están constituidas por médanos o dunas, algunas de ellas estables y otras con diferentes grados de actividad durante la época seca, muestran una topografía desde plana hasta ondulada, con predominio de arenas de cuarzo, razón por la cual los suelos son muy pobres en nutrientes y muy ácidos, predominantemente clasificados como Psamments (Comerma y Luque, 1971). La vegetación

predominante en los médanos está constituida por gramíneas, principalmente saeta (*Trachypogon spp*), acompañada de algunas especies arbóreas y arbustivas.

El material subyacente a los médanos, que conforma la extensa planicie antigua, presenta altos contenidos de materiales finos, principalmente óxidos y sesquióxidos ferro-alumínicos, con pequeños contenidos de arcilla de alta evolución. Por esta razón es común observar en la zona un patrón típico de distribución espacial de médanos con áreas deprimidas entre ellos, las cuales muestran alto grado de hidromorfismo en la temporada húmeda, contrastando con la sequedad típica de las acumulaciones de arena que las circunscriben.

En consecuencia a las características señaladas, los suelos de la llanura eólica presentan fuertes limitaciones para su uso debido a: su baja fertilidad, alta susceptibilidad a la erosión, ser excesivamente drenados y con baja retención de humedad en los médanos, y muy mal drenados en la zona entre los médanos. Aunado a ello, se tiene la limitación por su topografía ondulada. Por tales razones, su uso se limita al mantenimiento de sabanas naturales con ganadería extensiva, evitando el sobrepastoreo, pues ello podría generar la reactivación de la erosión eólica (Comerma y Luque, 1971).

En los médanos es factible el establecimiento de pastos introducidos tolerantes a las condiciones de baja fertilidad y poca capacidad de retención de humedad del suelo. Para ello, la preparación de tierras requiere de cuidados: debe hacerse poco antes de las lluvias, para evitar que el suelo quede expuesto por mucho tiempo a la acción de los vientos, y en lugar de preparar amplias superficies es más racional realizar la siembra en fajas. La destrucción de la vegetación, en estas tierras frágiles, activa los médanos durante el período seco, cuando la velocidad del viento es considerablemente mayor (Schargel y Delgado, 1990).

En los Llanos Altos Occidentales, en zonas agrícolas del estado Portuguesa, se presentan también procesos localizados de erosión eólica durante ciertas épocas del año, pero con características y origen distintos. En las zonas agrícolas del norte de este estado, como Turén y otras áreas vecinas, predominan suelos Inceptisoles de alta fertilidad natural pero también con altos contenidos de limo y arena fina y muy fina. Cuando estos suelos, expuestos a labranza intensiva, son fuertemente disgregados, a finales de la temporada

húmeda o a comienzos de la temporada seca para cultivos de semilla muy pequeña como el ajonjolí (*Sesamum indicum*), se presenta arrastre de material por la fuerte acción eólica típica de esta temporada, sobre un suelo seco y finamente dividido, originando las comúnmente llamadas “tolvaneras” (tormentas de polvo muy localizadas), muy frecuentes durante los meses de noviembre, diciembre y enero. Aun cuando no representan pérdidas considerables de suelos, el proceso afecta adicionalmente extensas áreas de cultivos al producir desprendimiento y/o abrasión de plantas pequeñas, que comienzan a establecerse al inicio de éste período.

Todos estos problemas derivados del mal manejo tecnológico, no son solo atribuibles a la responsabilidad de los agricultores de la zona, sino también al escaso control y seguimiento por parte de las instituciones públicas. Mendoza (2000) comenta que, en la década de los años 70, se afirmaba que en el parcelamiento agrícola de Turén, inicialmente se previó la necesidad de implantar cortinas rompevientos, y que inclusive se procedió a su establecimiento. Pero los agricultores, quizás en su afán de aumentar las superficies bajo cultivo, las fueron eliminando. Ello permitió que los vientos fuertes, que se manifiestan a inicios del año en esa región de los Llanos Occidentales, comenzaran a actuar sobre los suelos sin protección, expresándose los procesos de la erosión eólica.

El fenómeno de la erosión eólica también se manifiesta en algunas áreas de la región de los Llanos Orientales, particularmente en las zonas agrícolas de la Mesa de Guanipa, en los estados Anzoátegui y Monagas. Las denominadas Mesas Orientales representan la más grande y uniforme superficie de suelos arenosos, altamente meteorizados y bajo vegetación de sabana en Venezuela. Ocupan un área de alrededor de 3 millones de hectáreas, entre los 9° y 10° de latitud N, con elevaciones entre 20 y 480 nsnm, y con una pendiente inferior al 2%. Los suelos más comunes de las Mesas Orientales están representados por Paleustults, Haplustoxs y Psamments. Todos ellos poseen en común el hecho de tener los horizontes superficiales muy arenosos, aumentos variables de arcilla con la profundidad, bajas saturaciones con bases, predominancia de arcillas caoliníticas y arenas cuarcíticas (Comerma y Chirinos, 1977).

La vegetación de las planicies de las Mesas Orientales está dominada esencialmente por pastos naturales (*Axonopus chrysodactylus* y *Trachipogon vestitus*), escasos árboles de chaparro (*Curatella americana*) y alcornoque

(*Bowditchia virgiloides*), palmas (*Mauritia minor*) y otras especies arbóreas a lo largo de las márgenes de los ríos que disectan las mesetas. Tradicionalmente, los suelos de las mesetas se utilizaron para ganadería extensiva de carne, con utilización de pastos naturales de muy baja calidad nutricional. Con la introducción de cultivos como maní, sorgo, maíz, ajonjolí y soya, al ser sometidos los suelos a la labranza intensiva, el material arenoso fácilmente transportable, ha facilitado el desarrollo de la erosión por el viento. En esta región se ha establecido un programa de extensas plantaciones forestales con pino caribe (*Pinus caribaea*) lo cual ha contribuido a disminuir considerablemente los procesos de erosión eólica.

## **Erosión hídrica**

### ***Definición del proceso***

La erosión hídrica es un proceso continuo, a través del cual ocurre la separación de partículas y agregados de la masa del suelo, su transporte y sedimentación, siendo el agua el agente activo. Se inicia cuando las gotas de lluvia golpean terrones y agregados de la superficie del suelo desnudo, causando el movimiento de las partículas más finas como sedimento en suspensión en el flujo del agua, el cual en su movimiento cuesta abajo va abriendo surcos a lo largo de su trayectoria. Cada lluvia subsecuente erosiona cantidades adicionales de suelo. La denudación del suelo, condición que propicia el desarrollo de los procesos de erosión, ocurre al remover la cobertura vegetal protectora por el laboreo de las tierras para el cultivo, la quema de residuos de cosecha, el sobrepastoreo, la deforestación excesiva. Ocurre también la perturbación drástica del suelo por el uso de maquinaria pesada en la construcción de vías, obras de infraestructura y minería en superficie, y en labores agrícolas y forestales. La perturbación del suelo es particularmente desastrosa en áreas donde las condiciones climáticas dificultan el reestablecimiento de la vegetación protectora lo que aumenta los efectos de la erosión.

La erosión acelerada, capaz de causar la pérdida completa del horizonte superficial del suelo, puede en ciertos casos conducir al afloramiento de capas edáficas que son indeseables en tal posición, puesto que su presencia reduce la

calidad del suelo para la agricultura. Tal es el caso de la exposición, en o cerca de la superficie del suelo, de horizontes argílicos o de materiales plintíticos.

### ***Regiones afectadas***

En los Llanos Centrales, particularmente en los llanos ondulados del estado Guárico, se generan severos procesos de erosión hídrica laminar y concentrada, en surcos que devienen rápidamente en cárcavas, debido básicamente a la presencia de suelos Alfisoles frágiles, con altos contenidos de arena fina en superficie y sobre terrenos de topografía irregular con pendientes entre 8-12%. Estos suelos han sido sometidos intensamente a cultivos anuales altamente mecanizados como el maíz y el sorgo en rotaciones intensivas durante varios años, con pocas o ningunas prácticas de conservación de suelos. El factor agravante de esta situación es el sobre-pastoreo de los restos vegetales de estos cultivos, el cual se realiza con altas cargas de animales vacunos, particularmente a finales de la temporada seca. Esto deja al suelo con pocos residuos en superficie y altamente compactados por el pisoteo animal, con lo cual se aceleran los procesos erosivos a la entrada de las lluvias. En Chaguaramas, Estado Guárico se han medido pérdidas anuales de hasta 74 toneladas de suelo por hectárea (Paéz *et al.*, 1989).

Castillo y Páez (1989) estudiaron el efecto de la degradación del suelo por la erosión hídrica en Alfisoles de los Llanos Altos Centrales y el efecto detrimental que tiene la reducción del horizonte superficial y las características y propiedades físicas de los horizontes superficial y subsuperficial sobre los rendimientos del cultivo de sorgo. Destacan los citados autores que los rendimientos del sorgo en los Alfisoles de los Llanos Centrales, bajo condiciones de manejo agronómico apropiado, están determinados básicamente por la profundidad al horizonte argílico y las características físicas de este horizonte. Recomiendan, implementar sistemas de uso de la tierra que frenen la degradación acelerada de estos suelos por erosión y propendan a su conservación, para evitar la disminución de la profundidad efectiva o el afloramiento del horizonte argílico con características restrictivas para el desarrollo de las plantas.

La erosión hídrica afecta también a muchas áreas de los Altos Llanos Occidentales, en particular a las tierras ubicadas en las cercanías del piedemonte andino de los estados Barinas y Portuguesa, donde predominan

Entisoles, Inceptisoles y algunos Alfisoles, con contenidos moderados a altos de arenas fina y media en los horizontes superficiales del suelo. Al ser eliminada la vegetación, se ha incrementado el escurrimiento superficial y se ha disminuido la capacidad de infiltración del agua de lluvia, induciendo la ocurrencia de procesos de erosión. La sustitución de bosques por sabanas puede disminuir dos o tres veces la tasa de infiltración del agua en el suelo, empobreciendo a la vez el flujo de las aguas subterráneas. Ello ha sucedido en tierras llaneras de Barinas y Portuguesa, donde es observable la sensible disminución de los caudales de los ríos que bajan de la vertiente sur de la Cordillera de los Andes, la cual también se encuentra fuertemente intervenida. Es evidente como en la estación seca, los ríos Acequias, Paguey, Curbatí, Santo Domingo, Guanare, Guache, Morador, Acarigua, entre otros, muestran sus causes muy debilitados.

Con la explotación agrícola, el proceso de la erosión es acelerado por la mecanización de las tierras de los Llanos Occidentales, con fines de establecer cultivos anuales como el maíz, el sorgo y el algodón, con escasas prácticas de manejo conservacionista. La erosión de los suelos es frecuentemente poco evidenciada y por lo tanto subestimada, en parte debido al enmascaramiento que hacen las propias prácticas de labranza al inicio de un nuevo ciclo de cultivo, así como a las altas cantidades de fertilizantes que se aplican para compensar las pérdidas de productividad que ocurren por este proceso. También en los Llanos Occidentales, en tierras cercanas al piedemonte andino de los Estados Barinas y Portuguesa, donde son frecuentes Ultisoles con horizontes argílicos a relativamente poca profundidad, los procesos erosivos generados por la agricultura intensiva en estas tierras con pendientes entre 6 a 10 % han comenzado a remover el suelo superficial, dejando expuesto al horizonte argílico en la superficie o cerca de ella. Al ser mezclado por efectos de la labranza con el material superficial del suelo el horizonte B relativamente rico en arcilla, se aceleran los procesos de erosión. Además, su disgregación posterior por inversión mecánica y excesivo laboreo, logran reducir significativamente la capacidad de infiltración original del suelo.

En los años 70, con la implementación de algunos programas gubernamentales de provisión de créditos, subsidio a fertilizantes, etc., tierras anteriormente utilizadas para ganadería extensiva al norte de los Llanos Centrales y Orientales, fueron dedicadas a la producción agrícola, especialmente de cereales. Estas tierras, de relativa baja fertilidad y de topografía ondulada, fueron desforestadas y labradas para la producción

intensiva y a gran escala de sorgo y maíz, utilizando las mismas técnicas y manejo de las tierras llanas de los Llanos Occidentales. Serios problemas de degradación por la erosión hídrica comenzaron a manifestarse de manera inmediata (Pla, 1990). En razón de situaciones como ésta, la capacidad productiva de grandes áreas de tierra de esta zona se ha deteriorado significativamente.

La erosión hídrica puede adquirir características especiales en áreas con presencia de plintita en el subsuelo. Este material rico en hierro y aluminio se endurece irreversiblemente por procesos de humedecimiento y secado, de remoción de sílice y acumulación de sesquióxidos. Mientras se encuentra resguardada en el suelo y protegida por la cubierta vegetal, la plintita es de carácter blando, pero al ser expuesta a la intemperie se endurece de manera irreversible. Las formas endurecidas son obstáculos para la penetración de raíces. Cuando hay plintita en el subsuelo, puede ocurrir estancamiento de agua sobre el estrato afectado, por lo que el uso potencial del suelo se ve restringido a cultivos como el arroz, que prospera con éxito en condiciones de saturación hídrica. La plintita, por sí misma, establece pocas limitaciones al uso agrícola del suelo afectado. Sin embargo, la erosión acelerada es capaz de situar el material plintítico cercano a la superficie del suelo o aún más exponerlo a las condiciones atmosféricas, lo cual da inicio al proceso de endurecimiento y cementación irreversible.

Debido a la presión del incremento poblacional, muchos suelos con plintita son sometidos al cultivo de manera creciente, lo cual puede generar altas tasas de erosión capaces de causar una rápida pérdida del horizonte superficial que resguarda la plintita de la intemperie. En muchas áreas donde este material petroférico es expuesto, debido a que se endurece como el concreto, el suelo no puede ser cultivado y es entonces abandonado, lo cual es causa de mayor erosión y pérdida de suelo.

En los llanos de Venezuela, la plintita se encuentra ampliamente extendida en suelos Ultisoles desarrollados sobre planicies antiguas del Pleistoceno, principalmente ubicadas en el estado Apure, en las cuales afortunadamente los procesos de erosión hídrica no son relevantes en la actualidad, debido a que se trata de áreas con relieve plano o ligeramente deprimido, con escaso uso agrícola, muy poco mecanizadas y con cobertura vegetal predominante de pastos naturales.

## **Compactación del suelo**

### ***Definición del proceso***

La compactación del suelo puede ser definida como el proceso de disminución del volumen ocupado por una determinada masa de suelo. En este proceso, cambios en la densidad son acompañados por cambios en las propiedades estructurales, en la conductividad térmica e hidráulica y en las características de la transferencia de gases en el suelo. Estos cambios, a su vez, afectan balances químicos y biológicos. La compactación del suelo es causa de disminución del rendimiento y calidad de cultivos en muchas partes del mundo. Diferentes especies de cultivos así como algunas variedades muestran diferente sensibilidad a la compactación del suelo. Como resultado de la compactación, el ambiente edáfico es alterado de tal manera que todos los procesos del suelo son mas o menos afectados. El tráfico de maquinaria en la agricultura mecanizada se destaca como la más importante causa de la compactación seguida por el sobrepastoreo de las tierras dedicadas al uso pecuario.

### ***Regiones afectadas***

La compactación del suelo afecta importantes superficies de tierra de los llanos venezolanos, fundamentalmente en las áreas fuertemente mecanizadas, algunas por más de cincuenta años, como es el caso de la zona de Turén, en el estado Portuguesa. En ésta y en otras zonas de los llanos, con suelos Inceptisoles y Molisoles altamente mecanizados, es común la aparición de los llamados “pisos” de arado, de rastra o de tránsito, que se presentan a profundidades variables, generalmente entre los 15-30 cm, restringiendo el desarrollo radical de los cultivos y el movimiento de agua en el perfil del suelo. El fenómeno se acentúa en suelos que presentan horizontes subsuperficiales con texturas franco-arcillo-arenosas o arcillo-arenosas, como ocurre con frecuencia en horizontes argílicos de algunos suelos Alfisoles ubicados en las cercanías del piedemonte oriental andino. También es frecuente en suelos Alfisoles de los llanos ondulados centrales y en Inceptisoles de áreas más planas con fuerte tradición agrícola de esta misma región, así como también en Entisoles e Inceptisoles de los Llanos Orientales, sobre la formación Mesa.



Cuando los suelos presentan capas compactadas, la forma y dirección de crecimiento de las raíces de las plantas pueden verse afectadas, así como el normal movimiento y retención de agua en el suelo. Lobo *et al.* (1996) realizaron estudios orientados a evaluar las limitaciones físicas para la penetración de raíces de maíz y sorgo en cuatro suelos de los llanos venezolanos, identificados como: (1) Barinas y (2) Chaguaramas, que son Alfisoles de los Llanos de Barinas y Llanos ondulados del Estado Guárico, respectivamente, (3) Guanare y (4) Turén, ambos Inceptisoles ubicados en los Llanos Altos Occidentales de Portuguesa. Señalan que, de manera directa, la penetración de raíces es afectada negativamente por el incremento de la densidad aparente y de la resistencia a la penetración. Estos fenómenos limitan también la penetración y al movimiento del agua en el suelo. En los suelos Guanare y Turén (Inceptisoles) los incrementos de la resistencia a la penetración se asocian a los cambios en la estructura del suelo. En consecuencia de la baja estabilidad estructural y del manejo intensivo al cual han sido sometidos los suelos, aumentan los valores de la densidad aparente. En los suelos Barinas y Chaguaramas (Alfisoles), el mayor efecto se asocia a los cambios texturales, por inversión de horizontes producto de la labranza, reforzado por el uso intensivo de los suelos. Los autores destacan la complejidad de las alteraciones las propiedades físicas del suelo que resultan de la compactación, lo cual hace que la respuesta de las raíces sea muy variable y difícil de predecir con simples mediciones físicas.

## **Sellado y encostramiento**

### ***Definición del proceso***

El término “sellado del suelo” generalmente se refiere a una capa muy superficial de suelo, generalmente de pocos milímetros de espesor, donde una reducción significativa en la porosidad y permeabilidad resulta de un rápido humedecimiento del suelo seco, del impacto de las gotas de lluvia, del depósito del material fino del suelo, de la dispersión química o de alguna combinación de estos procesos. El posterior secamiento del suelo puede resultar en una capa resistente la cual es comúnmente denominado “encostramiento o costra del suelo” (Chartres y Geeves, 1998).

Los sellos y costras del suelo no son otra cosa que una forma de degradación de la estructura del suelo. No obstante, dado el hecho de su ocurrencia en la interface suelo/atmósfera, ellos impactan significativamente el intercambio hídrico y gaseoso entre los dos medios e interfieren en la germinación y desarrollo de las plantas.

En los trópicos húmedos, los suelos con bajo contenido de hierro y alto contenido de limo presentan problemas de sellado y compactación superficial. También los Oxisoles de textura pesada, una vez desforestados, muestran estos rasgos, especialmente en climas con algunos meses secos. Pero, en los trópicos subhúmedos y semiáridos el problema de sellado y encostramiento es más serio. Muchos suelos de las sabanas semiáridas tienen suelo superficial arenoso, y una fuerte diferenciación textural entre suelo superficial y subsuelo como resultado de la formación de un horizonte argílico. Tales suelos superficiales arenosos pueden ser propensos a sufrir encostramiento lo cual significa la formación en la superficie del suelo de una delgada capa de unos pocos milímetros, la cual es muy densa y endurecida al secarse, con muy poca o ninguna porosidad y algunas veces, puede hasta mostrar repelencia al agua con el desarrollo de algas (Gabriels *et al.*, 1998).

Generalmente, en condiciones de suelo bajo cultivo, el proceso de encostramiento conlleva a una reducción en el relieve de la microtopografía, lo cual da lugar a una disminución en la habilidad de la superficie del suelo para detener el agua de escurrimiento (Huang y Bradford, 1992). Así, con el tiempo, la formación de sellos y costras y el aislamiento de la superficie del suelo contribuyen al desarrollo de un mayor potencial para que se produzca escurrimiento.

### ***Regiones afectadas***

En los suelos agrícolas de los Llanos Occidentales, se destaca en primer lugar el problema de degradación de la estructura (Pla, 1974). Este problema es responsable de la merma en productividad de los suelos afectados. Progresivamente se incrementan las dificultades para realizar el laboreo del suelo, pudiéndose llegar en períodos de pocos años de explotación continua a situaciones que impiden la producción económica de cultivos. Pla (1995) plantea que el diagnóstico físico del suelo debe tomar como base la evaluación de los riesgos de formación de sellos, costras o capas superficiales

compactadas, limitaciones a la infiltración y flujo de agua en el suelo, riesgos de carencias o excesos de humedad y las limitaciones para la mecanización.

Entre los principales problemas, que se derivan de la degradación de la estructura de los suelos, se tienen la rápida formación de *sellos superficiales* como consecuencia del impacto de las gotas de lluvia sobre un suelo desnudo y altamente disgregado por la labranza, lo cual reduce la tasa de infiltración, generando problemas de estancamiento y bajo almacenamiento de agua en el suelo, y la formación de *costras superficiales*, producto del endurecimiento y secado del sello superficial. Estas costras constituyen un impedimento a la germinación y emergencia de plántulas. Por otra parte, la formación de capas compactas duras e impermeables, que normalmente acompañan este proceso, constituyen un impedimento a la percolación del agua y a la penetración y desarrollo de las raíces de los cultivos. Estos problemas se acentúan, dadas las características particulares del clima, lo cual repercute en un régimen hídrico muy irregular de los suelos con alternancia de excesos y déficit. Los efectos suelen manifestarse principalmente en los primeros centímetros del suelo, donde, por efecto de la compactación subyacente, se concentra el crecimiento y desarrollo del sistema de raíces del cultivo (Pla, 1980). Entre las causas de esta problemática se destacan el uso de las tierras para la producción de cultivos y rotaciones de cultivos no adecuados, la aplicación de técnicas de cultivo no apropiadas, el uso excesivo de maquinaria agrícola pesada, la inadecuada selección de maquinaria e implementos agrícolas, la ejecución de labores de preparación de tierras y siembra en ciertas épocas o con contenidos de humedad inconvenientes, el uso indiscriminado y uniforme de los suelos en la zona, sin considerar sus características y propiedades particulares y la capacidad de uso de las tierras (Pla, 1977).

La estratificación y la presencia de sello superficial afectan marcadamente el balance de agua en el perfil del suelo. La baja estabilidad de los agregados de los suelos tanto al humedecimiento como al impacto de las gotas de lluvia, incide en la formación de sellos superficiales y en la disminución de la conductividad hidráulica que reduce el movimiento del agua en el suelo (Pla y Nacci, 1986; Lozano *et al.*, 2000). En suelos de los Llanos Occidentales, Lozano *et al.* (2000) asocian tal fenómeno a la distribución del tamaño de partículas con altos contenidos de arenas finas y muy finas y a la presencia de arcillas de baja actividad, las cuales no pueden mantener la unión de los agregados y por lo tanto su estabilidad (Cuadro1).

Cuadro 1. Estabilidad de los agregados y conductividad hidráulica saturada (Ksat) de cuatro suelos (Inceptisoles) de los Llanos Occidentales (Lozano *et al.*, 2000).

Suelo	Agregados estables (% p/p)			Ksat (mm h <sup>-1</sup> )
	>0,8 mm	0,8-0,4 mm	<0,4 mm	
Fanfurria	12,91	18,55	68,54	4,4
Guanare	1,98	7,30	90,72	2,9
Ospino	5,87	17,23	76,90	1,7
Turén	6,47	9,56	83,97	2,5

Pla (1980) señala los efectos desfavorables sobre la producción agrícola, derivados de la degradación de la estructura del suelo, que en oportunidades han llevado a la pérdida completa de cultivos estacionales de secano como maíz, sorgo y ajonjolí e incluso de cultivos anuales con riego suplementario como la caña de azúcar. Ello, a la par de otras consecuencias indirectas, puede conducir con el tiempo a un deterioro tal de la capacidad productiva de grandes extensiones de tierra en la zona, que su recuperación pueda alcanzar un alto grado de dificultad.

### **Excesos de humedad y anaerobiosis**

#### ***Definición del proceso***

El fenómeno de excesos de humedad, saturación hídrica y anaerobiosis del suelo se encuentra ampliamente extendido en muchas zonas de los llanos venezolanos, principalmente en las regiones bajas de los Llanos Occidentales y Centrales. En los Llanos Occidentales, las áreas más afectadas por este proceso se ubican en la zona norte del estado Apure, paradójicamente llamado “Alto Apure”, por su posición relativa al norte geográfico. La presencia de plintita en las capas subsuperficiales de algunos suelos contribuye a aumentar las condiciones de saturación de humedad, al restringir el movimiento interno y la percolación del agua.

Cuando un suelo es afectado por exceso de humedad o saturación hídrica, ocurre una exclusión del aire, y el intercambio beneficioso de gases del suelo a la atmósfera se ve impedido. Con este fenómeno, en la zona de desarrollo de raíces del suelo, se presenta un ambiente carente de oxígeno, y las actividades biológicas quedan reducidas a aquellas que pueden obtener energía por respiración sin la presencia de oxígeno libre. Tal proceso es conocido como anaerobiosis. Un problema adicional que se presenta en los suelos saturados de agua es la liberación de cantidades considerables del ión  $Fe^{++}$ , el cual puede llegar a presentarse en concentraciones que resultan tóxicas para gran número de especies vegetales.

La degradación del suelo por exceso de humedad, saturación hídrica y anaerobiosis requiere de un cambio del régimen de humedad del suelo, de su estado natural a un estado más húmedo, sin importar que tan húmedo sea el estado natural. Se debe destacar el hecho de que la degradación del suelo por exceso de humedad ocurre cuando tierras de cultivo son afectadas por excesiva humedad y anaerobiosis por cualquier causa. Otro tópico bien diferente, alrededor del cual existe abundante controversia, es el que trata sobre la conveniencia o no de convertir, en tierras de cultivo, aquellas áreas que presentan suelos con exceso de humedad natural.

### ***Regiones afectadas***

Extensas áreas afectadas por saturación hídrica, también se localizan al sur-este de los estados Portuguesa y Cojedes, así como al noreste del estado Barinas, región afectada cíclicamente por desbordes de numerosos caños y ríos durante la época de lluvias, al ser sometidos a un represamiento regresivo por el gran río Apure, principal drenaje de esta vasta región llanera. Algo similar ocurre en tierras del sur-oeste del estado Guárico, en la región de los llanos Centrales, donde se presentan áreas sujetas a saturación hídrica por períodos que pueden exceder los diez meses continuos. El fenómeno de la saturación hídrica en estos suelos se magnifica por el relieve extremadamente plano o ligeramente deprimido que caracteriza a estas extensas regiones llaneras, aunado a la presencia de granulometrías finas y muy finas en los suelos, lo cual genera condiciones que restringen considerablemente el drenaje, tanto externo como interno, durante la temporada lluviosa. Con relación a la situación actual de diferentes aspectos que son relevantes para el aprovechamiento agrícola de los suelos con exceso de humedad en Venezuela, Salazar (1996) destaca

la existencia de alrededor de 10 millones de hectáreas de suelos mal drenados al norte del río Orinoco, con limitaciones para la producción agropecuaria localizados principalmente en los Estados llaneros Apure, Barinas, Portuguesa, Cojedes, y también en los estados Zulia y Delta Amacuro.

En tierras llaneras de la región centro-occidental se han ejecutado obras de saneamiento en cientos de miles de hectáreas, específicamente en los Proyectos Guanare-Masparro y Turén. Estas obras de infraestructura hidráulica y de vialidad han servido para disminuir las inundaciones en amplias zonas con suelos mal drenados. Esto también se ha llevado a cabo, en menor escala, en tierras de Delta Amacuro, al oriente del país.

La caracterización y mapeo de los suelos mal drenados ha sido consecuencia de los levantamientos agrológicos realizados para proyectos de riego y de saneamiento de tierras ejecutados por el estado venezolano, así como de trabajo de investigación. Esta actividad ha disminuido considerablemente en los últimos años. Por lo tanto existen todavía grandes superficies de suelos mal drenados en los llanos con escasa información de suelos, hidrología y climatología, necesarias para la planificación de su aprovechamiento y conservación.

El cultivo más importante producido en las tierras mal drenadas es el arroz, tanto en agricultura de secano como de regadío. Pero, la mayor parte de las tierras mal drenadas se dedica a la explotación de ganadería de carne extensiva, mediante el uso de pastos autóctonos y la movilización de rebaños a zonas altas y bajas, de acuerdo a la altura de las aguas y a la producción de forraje. En los módulos de Apure se demostró la factibilidad de controlar ese proceso. Las tecnologías aplicadas en fincas para el uso de suelos mal drenados, por condiciones naturales o inducidas por la explotación a la que se les ha sometido, es el resultado de una combinación de ensayo y error, adaptación de técnicas y equipos foráneos y a la generación de prácticas autóctonas. Tal es el caso de los sistemas de producción de arroz y de los Módulos de Apure. Las tecnologías de drenaje superficial (v.g. zanjillos, camas anchas), consideradas generalmente como manejo de cultivos, han sido poco desarrollados en el país. Algunas que han demostrado sus bondades en condiciones de campo, no han logrado extenderse a las áreas de producción. Las tecnologías de drenaje subterráneo para la producción de cultivos son prácticamente desconocidas. En efecto la

aplicación de tecnologías para el manejo de suelos mal drenados requiere de inversión de capital, lo cual en las condiciones actuales de productividad de nuestra agricultura se hace casi imposible difícil, más aún por no existir un sistema público o privado que pueda ofrecer una adecuada asistencia técnica al respecto.

A pesar de que se han realizado numerosos estudios que demuestran la factibilidad de utilizar muchas de estas tierras con sistemas alternativos no convencionales, como por ejemplo la cría de peces nativos o exóticos, el aprovechamiento de ciertas especies autóctonas de la rica fauna silvestre local o el potencial ecoturístico regional, relativamente poco se ha logrado en el sentido de concretar en mayores realidades este enorme potencial alternativo de las tierras llaneras con excesos de humedad, como se ha logrado en otras regiones del mundo que poseen tierras similares.

## **Agotamiento de nutrientes**

### ***Definición del proceso***

A diferencia de los sistemas naturales en los cuales la producción de biomasa está en equilibrio con las reservas naturales del suelo y con la fijación biológica de nitrógeno, los sistemas de producción agrícola resultan en la remoción neta de nutrientes del suelo. Mientras que el nitrógeno puede ser repuesto a través de la fijación atmosférica, otros nutrientes deben ser suplidos de las reservas del suelo. Cuando se agota la parte mas disponible de nutrientes, el flujo debe ser realimentado a partir de las reservas que se encuentran en forma no asimilable, a través de la mineralización de la materia orgánica, la disolución de minerales precipitados y la desorción de especies químicas fuertemente adsorbidas. Es de general aceptación que la degradación ocurre cuando el total de reservas de nutrientes son inadecuadas para la producción de biomasa o cuando la tasa a la cual los nutrientes son movilizados es menor que la demanda de la biomasa. Sin embargo, en este particular se debe tener en cuenta que la capacidad de suministro depende de los flujos de nutrientes que continuamente atraviesan el sistema y pasan por la solución del suelo antes de suplir a las plantas. Dichos flujos de nutrientes, tal como se discute, más adelante, en el Capítulo 7, dependen de una serie de factores físicos, químicos y biológicos de ineludible consideración para una comprensión real del problema.

Además de las pérdidas de materia orgánica *per se*, los nutrientes, producto de la mineralización de la misma en los sistemas tropicales (muy particularmente el nitrógeno), están sujetos a mayores y rápidas pérdidas por lavado debido a las altas precipitaciones y permeabilidad, especialmente cuando se trata de los suelos los mas evolucionados.

Sustanciales cantidades de nutrientes son exportadas de los suelos agrícolas durante la cosecha. Con el grano y la paja de un cultivo de maíz con rendimiento de 2 Mg ha<sup>-1</sup>, el suelo pierde cerca de 40 kg N, 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 50 kg K<sub>2</sub>O. Si los nutrientes exportados no son compensados por la adición de fertilizantes, abonos orgánicos, compostes, fijación biológica de N o subsecuente liberación a través de la meteorización de los minerales del suelo, el contenido de nutrientes del suelo sufrirá un rápido agotamiento (Steiner, 1996).

En tal sentido, los suelos llaneros más afectados por agotamiento de nutrientes son aquellos que han estado sujetos a sistemas intensivos de producción agrícola por muchos años, con cultivos altamente extractores de nutrientes y sin considerar esquemas de rotación que incluyan cultivos restauradores de la fertilidad natural. Estos suelos se encuentran ubicados principalmente en la región de los Altos Llanos Occidentales, al norte de los estados Portuguesa y Barinas. Además, muchas áreas de suelos con baja fertilidad natural, dedicadas a pastoreo extensivo por largos períodos, principalmente en los estados Apure (Llanos Occidentales), Guárico (Llanos Centrales) y Monagas (Llanos Orientales), presentan un elevado nivel de agotamiento de nutrientes producto de altas tasas de extracción sin la debida y oportuna aplicación de fertilizantes y/o enmiendas a estos suelos.

Con base en información presentada por Hernández y Arismendi (1965), Zinck y Stagno (1966), Granado y Stagno (1968), Pérez *et al.* (1968), Schargel (1970) y Mazzei (1974), Bravo (2000) resume un conjunto de características químicas de suelos de los Llanos Occidentales (Cuadro 2) que deja ver la condición de estos suelos en cuanto a la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Los suelos de bancos altos, terrazas y abanicos aluviales de piedemonte y alto llano (N° 1 al 6, Cuadro 2) se caracterizan por presentar en los dos primeros



horizontes alta acidez y, por consiguiente, una muy baja concentración de bases cambiables ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), expresando en menor grado estas características, las series Barinas y Gomera. Se aprecian también bajos contenidos de carbono orgánico: los productos de la mineralización de la escasa materia orgánica de estos suelos podrán lavarse con facilidad a los estratos inferiores en el perfil, considerando la alta pluviosidad de la zona, la presencia de arcillas de baja actividad (caolinita, sesquióxidos de hierro y aluminio, con baja capacidad de intercambio catiónico), y las texturas mayormente gruesas. Todo ello condiciona estos suelos a tener una baja fertilidad natural, con limitaciones para suplir nutrientes a la solución del suelo y por ende a las plantas que sobre ellos se desarrollan. Por el contrario, los suelos de planicies aluviales en llanuras y valles de piedemonte (N° 7 al 12, Cuadro 2) que se han formado de sedimentos recientes que han sufrido poca lixiviación, presentan en los horizontes superiores una alta concentración de bases cambiables, valores de pH cercanos a la neutralidad y un mayor contenido de arcillas de alta actividad (esmeclitas) y bajo contenido de arcillas de baja actividad, mayores contenidos de materia orgánica y texturas más finas. Todo lo cual le confiere a estos suelos mayores capacidades de intercambio catiónico y saturación con bases y por lo tanto una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas (Bravo, 2000).

Para los suelos arenosos de las Mesas Orientales, Salazar (1969) destaca la acidez y la baja fertilidad natural como las limitaciones químicas más importantes que debieron ser corregidas para demostrar la adaptabilidad de esos suelos, tradicionalmente utilizados para ganadería extensiva de carne, para varios cultivos como maní, sorgo, maíz, ajonjolí y soya, de los cuales, actualmente, ya se tiene una experiencia de varios años de producción en la zona. Características de algunos de estos suelos se muestran en el Cuadro 3.

## **Acidificación del suelo**

### ***Definición del proceso***

En términos generales, los suelos son ácidos cuando considerables porciones de sus cationes intercambiables están representados por hidrógeno y las diferentes formas de aluminio hidratado. Aunque la ocurrencia de suelos ácidos, en ciertos casos puede deberse a la naturaleza de los materiales

parentales, lo más común es que estos se desarrollen debido a la lixiviación de bases. En la medida en que las aguas con cierto grado de acidez, provenientes de ácidos débiles (ácido carbónico y ácidos orgánicos) se mueven a través del suelo, algunos de los hidrogeniones ( $H^+$ ) reemplazan cationes adsorbidos en el complejo de intercambio, tales como  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$  y  $Na^+$ , los cuales son luego removidos por el agua, depositados a mayor profundidad o sacados del perfil del suelo. En regiones húmedas estos cambios continúan sucediéndose a través de décadas y centurias hasta completarse la remoción, o hasta alcanzarse una condición de equilibrio.

Cuadro 2. Características químicas y texturales que se manifiestan en los dos primeros horizontes superficiales de suelos de los Llanos Occidentales (Bravo, 2000).

erie de suelo (Orden)	Prof. (cm)	pH (KCl) 1:1	CIC (cmol/kg)	Bases (cmol/kg)	Sat.Bases (%)	Carbono orgánico (g/kg)	Clase Textura l
1. Barinas (Alfisol)	0-8	4,80	6,03	3,09	51,24	10,1	Faa
	8-26	4,50	6,25	1,89	36,00	7,0	FAa
2. Caridad (Ultisol)	0-15	4,50	4,99	1,15	23,04	6,2	Fa
	15-30	3,70	4,30	0,46	10,69	4,3	Fa
3.Suruguapo (Ultisol)	0-7	3,60	11,10	1,66	14,95	16,6	F
	7-24	3,60	8,74	0,26	2,97	9,1	FA
4. Aero5 (Ultisol)	0-10	3,60	8,20	0,80	9,75	10,3	FAa
	10-50	3,70	8,30	0,90	10,84	6,9	FA
5. Gomerás (Inceptisol)	0-20	5,90	8,68	6,02	69,35	10,5	Faa
	20-40	4,95	5,68	2,36	41,54	9,1	FAa
6. Limón (Ultisol)	0-20	4,10	4,53	1,14	25,16	4,7	Fa
	20-50	4,00	6,27	1,69	26,95	2,0	Faa
7. Torunos (Molisol)	0-25	5,60	27,27	21,27	77,99	34,2	FA
	25-45	5,75	14,33	11,33	79,09	6,1	FAL
8.Portuguesa (Inceptisol)	0-5	5,50	25,66	20,22	78,79	18,8	AL
	5-30	5,20	19,58	14,62	74,76	14,3	AL
9. Baronero (Inceptisol)	0-12	6,25	21,39	19,41	89,94	26,2	F
	12-30	4,90	14,41	9,66	67,03	10,0	F
10. Fanfurria (Inceptisol)	0-27	6,85	14,49	14,48	99,93	14,4	FL
	27-64	6,20	12,00	11,94	99,50	6,6	F
11. Guanare (Inceptisol)	0-20	5,40	14,71	12,99	89,30	9,2	FAL
	20-39	5,25	13,77	12,27	89,10	6,8	FAL
12. Morita (Inceptisol)	0-20	5,25	37,33	24,83	66,51	23,8	A
	20-55	5,15	18,43	10,83	58,76	9,0	AL

Observación: los primeros seis suelos (Barinas-Limón) se localizan en posiciones de bancos altos, terrazas y abanicos aluviales de piedemonte y alto llano; en ellos predominan arcillas de baja actividad.

Los seis últimos suelos (Torunos-Morita) presentan arcillas de alta actividad y se ubican en planicies aluviales en llanuras y valles de piedemonte.

Cuadro 3. Características químicas y texturales que se manifiestan en los dos primeros horizontes superficiales de suelos de las Mesas Orientales (Comerma y Chirinos, 1977)

Serie de suelo (subgrupo)	Prof. (cm)	pH (KCl) pasta	CIC (cmol/k g)	Sat. Al (%)	Sat. Bases (%)	Carbono orgánico (g/kg)	Clase Textu ral
Guanipa 1 (Oxic Paleustult)	0-25 25-55	5,6 3,9	2,0 3,1	8,2 21,9	83 24	6,2 4,2	a Faa
Guanipa 2 (Psammentic Haplustox)	0-10 10-30	4,7 4,4	1,2 1,1	14,3 42,6	35 30	3,3 2,8	a a
Chaguaramas 24 (Oxic Paleustult)	0-20 20-52	4,1 4,2	1,9 2,1	46,7 33,7	24 25	4,4 2,9	aF Fa
Chaguaramas 77 (Psammentic Haplustox)	0-10 10-40	4,1 4,0	1,9 1,5	3,8 17,0	45 43	3,8 3,0	a a

Tal como está planteada, la acidificación del suelo es un proceso natural, y su aceleración, producto de la actividad humana, la convierte en un proceso de degradación del suelo. En la mayoría de los casos; la acidez del suelo no es causa de considerable degradación hasta que el pH cae por debajo de 5,5 puntos nivel en el cual concentraciones tóxicas de Al (y algunas veces de Mn) pueden comenzar a manifestarse en muchos suelos. La degradación causada por la acidificación del suelo se manifiesta a través de la reducción de la productividad de cultivos, bosques y pastizales y en ciertos casos, en la transferencia de Al soluble a los cuerpos de agua, lo cual representa un peligro para la vida acuática (Sumner, 1998).

Sánchez y Logan (1992) señalan que aproximadamente 4 billardos de hectáreas o, lo que es lo mismo, 30% de los suelos del mundo son ácidos; de esta fracción, 2,6 billardos de hectáreas ocurren en los trópicos y subtrópicos. En los agroecosistemas de alta producción, la mayoría de los suelos ácidos, que ocurren de manera natural han sido encalados para incrementar el rendimiento de los cultivos, pero en los sistemas agrícolas de subsistencia grandes extensiones de suelos naturalmente ácidos todavía limitan el rendimiento de los cultivos. La acidez del suelo, como condición natural, es característica resaltante de amplias extensiones de las tierras llaneras de Venezuela, principalmente de aquellas con predominio de Ultisoles, y en menor grado Alfisoles, ubicadas en los estados Apure, Guárico, Anzoátegui y Monagas, donde se presentan con frecuencia severas limitaciones nutricionales para el desarrollo de cultivos, asociadas a los altos valores de acidez de los suelos. Esto ha contribuido al establecimiento preferencial de sistemas extensivos de producción pecuaria, caracterizados por explotaciones de muy poca carga animal y con utilización de pasturas naturales generalmente de escaso valor nutritivo pero adaptadas a estas pobres condiciones edáficas.

Bravo y Schargel (1984), al estudiar y comparar suelos de la planicie aluvial subreciente con suelos de la planicie antigua en el estado Apure, señalan que los suelos de la planicie aluvial reciente presentan contenidos mayores de bases debido a los aportes de material aluvial proveniente de los Andes, el cual es mucho más rico en nutrientes que el material de la planicie antigua, altamente intemperizado y lixiviado. Los autores señalan que estas diferencias se acentúan con la profundidad: en los Vertisoles el contenido de bases intercambiables llega a alcanzar  $40\text{cmol kg}^{-1}$  de suelo, mientras que en los Ultisoles de la planicie antigua, no superan los  $3\text{ cmol kg}^{-1}$  de suelo. La condición edáfica con relación al pH en los horizontes superficiales de algunas series de suelos de los Llanos Occidentales se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Reacción del suelo en horizontes superficiales de algunas series de suelo de los Llanos Occidentales (Pinto, 1981, citado por Bravo, 2000)

Serie de Suelo	Condición del suelo	
	Ácido	Básico o ligeramente alcalino
	Reacción del suelo (pH)	
<i>Alambre</i>	4,7	
<i>Algodonal</i>		6,7
<i>Obispo</i>	5,0	
<i>Caño Hondo</i>		7,0
<i>Mijagual</i>	5,2	
<i>Agua Blanca</i>		7,3
<i>Cavaca</i>	5,4	
<i>Po-40</i>		7,7
<i>Barinas</i>	5,5	
<i>Po-48</i>		7,8
<i>Guanaguanare</i>	5,6	
<i>Tiestos Ci (Po-33)</i>		7,9

En el Capítulo 5 del presente libro, Schargel presenta información acerca de los suelos llaneros de Venezuela los cuales, mayormente, por su condición natural son ácidos y presentan condiciones físico-químicas que los hacen susceptibles a ser degradados por una acidificación que se manifiesta al ser sometidos a un tipo de uso agrícola que no tome en cuenta este riesgo.

## Contaminación del suelo

### *Definición del proceso*

La contaminación del suelo puede expresarse a través de efectos tóxicos en plantas o animales, por la presencia en los suelos de concentraciones anormalmente altas de ciertas sustancias ajenas al medio. La tierra es receptora de la mayoría de desechos urbanos, industriales, agrícolas, radioactivos, petrolíferos, etc., de los cuales pueden derivarse toxicidades de consecuencias impredecibles, las cuales tienen mayor probabilidad de manifestación en el entorno de las ciudades, las zonas industriales, las mineras y sus áreas de influencia, que pueden extenderse en radios expresados en kilómetros, cuando tales factorías desarrollan sus actividades sin las debidas normas de seguridad y medidas de protección ambiental.

### *Regiones afectadas*

En las tierras de los llanos venezolanos, la mayor fuente de contaminación esta asociada mayormente al desarrollo de la agricultura comercial que trajo consigo la utilización de insecticidas, fungicidas y otros agroquímicos en cultivos como arroz y algodón. La falta de planificación

agrícola, de vigilancia estatal rigurosa y la escasa o nula aplicación de controles biológicos, a dado lugar a un uso descontrolado de agroquímicos. Mendoza (2000) presenta valores promedio del uso de biocidas (Cuadro 5) utilizados en los cultivos algodón, arroz y sorgo, durante el periodo 1969-1984, estableciendo una comparación de los índices de uso en los estados Barinas y Portuguesa con los de Venezuela. De la información presentada en dicho cuadro se deduce que para el lapso considerado se aplicaron, para los cultivos de algodón y arroz en los estados Barinas y Portuguesa, cantidades de insecticidas y herbicidas por encima de los valores medios del país. Tales resultados, destaca Mendoza (2000), aparte de señalar una utilización local de biocidas relativamente más alta, pudieran reflejar de alguna manera el uso irracional de estos agroquímicos. Esta tendencia al uso exagerado de biocidas debe haber sido frenada al considerar la evolución a partir de 1989, de los costos de insecticidas y herbicidas, lo cual debido a las dificultades económicas para la adquisición de los mismos, hace suponer una disminución en su uso en todos los ámbitos geográficos del país.

Cuadro 5. Valores de dosis promedio de uso de biocidas (L/ha), para diferentes cultivos, en los estados Barinas y Portuguesa, y a nivel nacional. Periodo 1969-1984. (Mendoza, 2000)

Biocidas	Cultivos	Venezuela	Barinas	Portuguesa
Insecticidas	Algodón	11,68	14,77	16,06
	Arroz	5,89	-	6,98
	Sorgo	3,44	3,50	3,93
Herbicidas	Algodón	3,01	3,41	3,82
	Arroz	7,02	-	11,12

Como consecuencia del uso excesivo de biocidas, ha ocurrido contaminación de aguas, han aparecido plagas resistentes a la acción de los pesticidas, se han roto cadenas alimenticias importantes, con la desaparición de especies de fauna; situación que se manifiesta en las áreas afectadas y en sus alrededores.

Cortés (1978) comenta la contaminación de las tierras llaneras con el uso de pesticidas esparcidos mediante la técnica de fumigación aérea, en razón de lo cual se destaca la necesidad de utilizar al máximo el control biológico, lo cual se plantea actualmente como manejo integrado de plagas, a fines de

conservar el equilibrio natural del ecosistema. Con esta orientación, debe evitarse el incremento de cultivos que requieran cantidades excesivas de pesticidas para su control fitosanitario.

## **La subsidencia y sulfato oxidación de los suelos orgánicos**

### ***Definición del proceso***

La subsidencia o hundimiento de la tierra, ocurre en los suelos orgánicos cuando estos son drenados y la materia orgánica se descompone rápidamente, reduciendo el volumen del suelo de manera drástica. Los suelos orgánicos (Histosoles) son formados en tierras, en las que por su posición, los niveles freáticos altos crean condiciones de anegamiento con severas limitaciones de oxígeno. Bajo estas condiciones, ocurre una alta producción de biomasa y acumulación de restos vegetales. El material acumulado es parcialmente degradado para dar una gama de materiales orgánicos desde *fibríc* (poco descompuesto) hasta el *sapric* (altamente descompuesto). Los Histosoles son drenados y destinados a la producción agrícola, aprovechando el gran almacenamiento de nutrientes acumulados. Los procesos físicos, químicos y biológicos que resultan en la formación de los Histosoles son revertidos con el drenaje, y la materia orgánica comienza a descomponerse rápidamente. Estudios realizados en EE.UU. y Europa (Everett, 1983 citado por Logan, 1990) señalan tasas de subsidencia de los suelos orgánicos de 0,4 a 9,1 cm año<sup>-1</sup>, muy altas al compararlas con las tasas de formación de 0,02 a 0,08 cm año<sup>-1</sup> (en el trópico se han reportado tasas de acumulación de turba de 2 cm año<sup>-1</sup>). La subsidencia, inicialmente rápida, se completa entre los 4 y 10 años, luego de la instalación de drenajes. La pérdida de materia orgánica, principal contribuyente al proceso de la subsidencia, puede ser tan alta como 2 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Everett, 1983; citado por Logan, 1990). De gran importancia, tanto desde el punto de vista agronómico como ambiental, es la gran pérdida de nutrientes con las aguas de drenaje que ocurre con la subsidencia de los suelos orgánicos.

Por otra parte, cuando se trata de recuperar para el uso agrícola o pecuario, mediante drenaje, tierras que presentan en condiciones naturales problemas de inundación o alto nivel freático durante gran parte del año, ocurre acidificación violenta que impide todo desarrollo vegetal. Ello se presenta debido a la oxidación de la pirita (sulfuro de hierro), presente en estratos cerca

de la superficie del suelo, proceso que genera ácido sulfúrico capaz de bajar el pH del suelo a valores por debajo de 3.

### ***Regiones afectadas***

Hacia el noreste del país, en los también llamados llanos secundarios (Sioen y Vareschi, 1986) en el Delta de río Orinoco, con el cierre del caño Mánamo y con el drenaje de tierras aledañas a éste, se produjo una destrucción de depósitos de turba que se encontraban en condiciones de inundación, originando la subsidencia de estos suelos orgánicos. Pla (1981) señala que si bien, en sus condiciones originales la capacidad productiva de estos suelos es muy reducida, la degradación se genera por la aplicación de “medidas de recuperación para el aprovechamiento” en forma indiscriminada. Con una aplicación racional de las prácticas de recuperación, con la intensidad o modalidad adecuada, se puede lograr un aprovechamiento de la capacidad productiva de estos suelos, minimizando su degradación.

Aun cuando se trata de otro tipo de degradación, pero también asociado al proceso de “recuperación” de tierras mediante el drenaje, en la misma zona del Delta del Orinoco, se presenta el caso de la degradación por acidificación extrema con la generación de suelos sulfato-ácidos, el cual es un proceso de potencial desarrollo en extensas áreas de las tierras del Delta. Este proceso de degradación es prácticamente irreversible a corto plazo; se estima que unas 15.000 ha de tierras del Delta han sido afectadas por este proceso (Mogollón y Comerma, 1994).

### **Salinización**

#### ***Definición del proceso***

El término salinidad hace referencia a la concentración excesiva de sales solubles en el suelo y/o aguas. La salinización altera las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y en consecuencia su fertilidad. En la ciencia del suelo, se identifican como sales solubles todos aquellos compuestos químicos inorgánicos más solubles que el yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), cuya solubilidad es de 0,241 gramos en 100 mililitros de agua a 0°C. Tal es el caso de la sal



común (NaCl) con una solubilidad cerca de 150 veces mayor que la del yeso (Donahue et al., 1983). La mayoría de las sales solubles están compuestas por los cationes  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  y por los aniones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{HCO}_3^-$ . Generalmente, menores cantidades de  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  y  $\text{NO}_3^-$ , y otros elementos como B y Se también se presentan.

Evidentemente, todos los suelos contienen una cierta cantidad de sales solubles, pero para considerar la afectación por sales, la concentración de éstas en la solución del suelo debe superar ciertos valores límites. Los valores numéricos de estas concentraciones límites dependen de las condiciones geoquímicas, ambientales, y de las propiedades físicas y fisico-químicas de los suelos, así como de la composición química de las sales causantes del problema. La salinización tiene un papel preponderante en la formación del suelo, sus efectos dominan sobre otros procesos de formación del suelo y radicalmente cambia las propiedades del mismo (Szabolcs, 1989).

Aún cuando la salinización sea tratada como uno de los procesos de degradación química del suelo, sus efectos ambientales son mucho más amplios que los de un simple proceso químico que pueda causar la contaminación del suelo. Al alcanzarse niveles importantes de sales en un suelo, tanto la calidad como la cantidad de las mismas determinan prácticamente todos los atributos principales del suelo: físicos, químicos, biológicos y aun mineralógicos. Dependiendo de la química de las sales el desarrollo del proceso puede variar, pero siempre resulta en la degradación del suelo y en la disminución de su productividad (Szabolcs, 1998).

### ***Regiones afectadas***

Los suelos afectados por sales están relativamente poco extendidos en la región de los Llanos de Venezuela. En general, la presencia de suelos salinos está asociada fundamentalmente a algunas áreas bajo riego ubicadas en zonas agrícolas de los estados Portuguesa y Barinas, en los Llanos Occidentales; así como en la zona central del estado Guárico, en los Llanos Centrales. Aparecen también, algunas áreas muy localizadas de suelos afectados por cantidades importantes de sodio intercambiable, en los cuales se presentan horizontes nátricos muy endurecidos, con estructura columnar medianamente expresiva, debido a la dispersión de las arcillas por efecto del ión  $\text{Na}^+$ . Estos suelos se localizan irregular y geográficamente dispersos en pequeñas áreas del sur de

los estados Portuguesa, Barinas y Guárico, así como en el norte del estado Apure.

Pla *et al.* (1984) presentan el perfil de un suelo sódico (Cuadro 6) de los Llanos Centrales (Calabozo, Estado Guárico) de muy baja permeabilidad, cultivado con arroz bajo riego por inundación en la época seca, y donde se mantiene un nivel freático a poca profundidad. Dicho sistema de cultivo, junto con el exceso de agua en la estación lluviosa, que mantienen este suelo arcilloso con escasa aireación por períodos prolongados de tiempo, y las características del agua de riego con escasa salinidad y ligero exceso de bicarbonatos sobre Ca y Mg, conduce al desarrollo de la sodicidad que afecta estos suelos.

Los problemas de salinidad se desarrollan y siguen desarrollándose en prácticamente todas las zonas con agricultura bajo riego en el país, siendo el uso incontrolado y sin ninguna planificación del agua de riego la principal causa de dichos problemas, más que las condiciones de mal drenaje derivadas de altos niveles freáticos. Se destaca la importancia de determinar la potencialidad de desarrollo de suelos afectados por sales en las áreas proyectadas para riego, estableciendo *a priori* las mejores combinaciones de cultivos y manejo del riego, para cada combinación de suelo, agua y clima (Pla y Dappo, 1975). Ello, adicionalmente, contribuirá a mantener la productividad de los suelos y a lograr mayor eficiencia en el uso del agua disponible para riego.

Cuadro 6. Características de un perfil representativo de un suelo afectado por sales (sodificación), composición de las aguas utilizadas para riego y condiciones climáticas en tierras de los Llanos Centrales de Venezuela: Calabozo, Estado Guárico (Pla *et al.*, 1984).

Prof. (cm)	Text.	Sat. pH (%)	C.E dS/m	meq / L (Extracto de saturación)							RAS	Sales Prec.	mm año N° meses	
				HCO <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	P			ETP P>ETP	
0-15	A	65	8,9	2,8	4,0	7,1	18,2	0,6	0,2	28,3	44,4	--		
15-30	A	62	9,3	2,6	6,0	4,5	16,3	0,8	0,3	25,2	33,3	--		
30-60	A	67	10,1	2,1	8,0	4,0	8,3	0,7	0,3	19,2	27,1	--	1.350	
60-90	A	58	10,3	1,9	12,0	3,7	4,1	0,5	0,4	18,0	26,8	--	1.700	
Agua (superficial)				0,4	4,0	0,2	0,2	2,2	1,5	0,5			6	

Observación: P: precipitación pluvial, ETP: evapotranspiración potencial, C.E.: conductividad eléctrica, RAS: relación de adsorción de sodio.

## **Degradación biológica del suelo**

### ***Definición del proceso***

Tal como definida en la metodología para la evaluación de la degradación de suelos (FAO-PNUMA-UNESCO, 1980) la degradación biológica se refiere a pérdida de materia orgánica resistente (humificada) por acción de la mineralización acelerada. Sin embargo el término, degradación biológica del suelo es frecuentemente equiparado con el agotamiento o pérdida de la cobertura vegetal, a la par de la materia orgánica, y también es usado para demostrar la disminución de los organismos beneficiosos del suelo (Steiner, 1996). El aprovechamiento agrícola es generador de cambios significativos en los suelos y afecta sus propiedades físicas y químicas lo cual repercute en sus atributos biológicos. La labranza, cuando utilizada adecuadamente actúa como un factor regenerativo que permite superar algunas limitaciones del suelo, para un aprovechamiento del mismo, pero cuando es usada inapropiadamente puede ser generador de una amplia gama de procesos de degradación que conllevan a la pérdida de la calidad natural del suelo. Con el uso de la labranza, algunas veces en muy corto plazo, se producen cambios en las características físicas del suelo que afectan las condiciones de aireación y humedad, y generan cambios en las propiedades biológicas, muy particularmente en la microflora y microfauna. Los sistemas de labranza convencional han sido señalados como causa de la disminución en los contenidos de materia orgánica del suelo, por incremento en las tasas de mineralización, lo cual implica la reducción del sustrato para la actividad microbiana y por ende también la reducción de los niveles de biomasa microbiana en el suelo (Malicki *et al.*, 1997).

### ***Regiones afectadas***

Los suelos llaneros no escapan a la regla de que el aprovechamiento agrícola implica importantes riesgos de degradación biológica que puede atenuarse con un adecuado manejo agronómico del sistema. Así se tiene que la menor disturbación del suelo asociada a los sistemas de labranza conservacionista, produce un incremento en la población y actividad de la biota

del suelo, determinado en buena parte por un mayor contenido de carbono orgánico en la superficie. Al respecto, Lozano (1998) destaca que el efecto más importante detectado, de mediano a largo plazo, de los sistemas de labranza reducida en los suelos llaneros ha sido el aumento de los contenidos de carbono orgánico de la capa superficial del suelo y la mejora de sus propiedades físicas (estructura, tasa de infiltración). Investigaciones realizadas, en diferentes zonas de los llanos de Venezuela, muestran ventajas de los sistemas de labranza conservacionista con relación a los convencionales. Sin embargo, aun cuando la información generada es abundante, la mayor parte de las experiencias han sido puntuales o de corta duración, lo cual dificulta la evaluación de los efectos a largo plazo de los sistemas de labranza conservacionista sobre las características y propiedades del suelo, su calidad y productividad.

Cuando se trata de la degradación del suelo, es importante mencionar la quema de la vegetación de las sabanas, una práctica común y reiterada en los llanos venezolanos. Esta práctica se realiza durante las épocas secas con el objeto de destruir gramíneas leñosas duras y de escaso valor nutritivo por rebrotes más palatables y alimenticios para el ganado. Al discutir sobre los efectos benéficos o negativos de esta práctica, se escuchan opiniones que la consideran como un mal necesario en las condiciones prevalecientes de explotación ganadera extensiva. Sin embargo, las quemas destruyen la materia orgánica, que de por sí es escasa en los suelos llaneros, afecta la biota edáfica y, al eliminar la cubierta vegetal, deja al suelo expuesto a la acción de la erosión hídrica y eólica. Por otro lado, es preciso señalar que una de las principales causas de las deficiencias de azufre orgánico, principal forma de este nutriente en los suelos, se debe a las quemas reiteradas a que son sometidas anualmente extensas áreas de los llanos venezolanos.

La fauna en general es también afectada por este fenómeno. Cortés (1978) destaca que es indudable la necesidad de eliminar o reducir a un mínimo la quema como práctica de manejo de las tierras llaneras, en su aprovechamiento futuro, para permitir un incremento en el contenido del carbono orgánico del suelo. El mismo autor comenta que muchos silvicultores afirman que de preservar las sabanas llaneras contra el fuego se establecería un proceso sucesional que rápidamente generaría un bosque secundario, y que si el ecosistema así formado no fuera alterado ni destruido, la sucesión progresaría hasta dar lugar a una selva primaria de tipo tropical húmedo. Actualmente

ocurre lo contrario, ya que cuando la vegetación del estero es alcanzada por el fuego, esta se destruye y la sabana avanza sobre él mismo.

Es importante destacar que si se quiere conservar el equilibrio ecológico de las tierras llaneras se debe proteger la flora y la fauna, desde la micro y mesobiota edáfica hasta las especies de la macrobiota que habitan en ellas.

## **CONCLUSIONES**

A manera de conclusión puede decirse que si bien, actualmente, se cuenta con un buen conocimiento de las principales formas y procesos de degradación de los suelos, la aplicación del mismo a las tierras de los llanos de Venezuela encuentra importantes limitaciones, debido principalmente a la escasa información adecuada disponible. Lo existente se reduce, a investigaciones puntuales y a estimaciones muy generales de los riesgos de degradación, de las tasas de desarrollo de los procesos, de las áreas actual o potencialmente afectadas y, en algunos casos, de las pérdidas de calidad y productividad de los suelos. Se señala como una de las principales causas de esta imprecisión, la escasa información que los sistemas tradicionales de levantamiento de suelos proveen con respecto a las propiedades relacionadas con los procesos de degradación y sus efectos.

El conocimiento de la situación actual y potencial de la degradación de los suelos llaneros es de fundamental importancia tanto para el mantenimiento y/o mejora de la calidad de las tierras bajo explotación como para la futura expansión de la frontera agrícola en el país. Día a día se hace mas imperativa la necesidad de asegurar una suplencia estable de alimentos a precios razonables, sin desmejora de la calidad ambiental, en la búsqueda de un mejor nivel de vida para la población en constante crecimiento. No se puede apoyar un desarrollo agrícola, que por falta de conocimiento de las potencialidades, limitaciones y riesgos de degradación de los suelos conduzca a la destrucción de la tierra.

Al considerar la degradación de los suelos de las tierras llaneras, es importante relacionarla siempre con los sistemas de producción y el entorno institucional que han prevalecido en estas tierras durante los últimos cincuenta años. En este sentido, no parece justo señalar que la única causa de la aparición y manifestación de tales procesos ha sido la forma como los agricultores han

manejado sus suelos durante estos años. Con igual o mayor grado de responsabilidad pudieran señalarse, por un lado, las políticas agrícolas que el Estado venezolano ha diseñado e implementado con relación al otorgamiento de créditos, subsidios, precios de los insumos y productos agrícolas, política de importaciones e incentivos para la exportación, y por el otro, la falta de programas concretos dirigidos a divulgar y fomentar alternativas para la diversificación de la producción, así como la adopción de prácticas, métodos y procedimientos orientados al uso de estas tierras con criterios de sostenibilidad.

La degradación y el aprovechamiento de los suelos llaneros conforman un problema complejo y, al enfrentarlo, el desarrollo agrícola encara un enorme reto: lograr adecuados niveles de producción a la par de conservar los recursos naturales, con miras a un aprovechamiento sostenible. Aquí intervienen elementos de índole técnico-científica, económica y social, altamente interrelacionados. El análisis en secuencia de las múltiples causas y efectos de la degradación de los suelos y una evaluación de opciones, actores y escenarios podrían ayudar a enfrentar el reto con efectividad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Bravo, S. 2000. Aspectos Básicos de Química de Suelos. Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora, Colección Ciencia y Tecnología. Barinas, Venezuela.
- Bravo, S. y R. Schargel. 1984. Caracterización química de los suelos del módulo Fernando Corrales. Revista UNELLEZ Ciencia y Tecnología, 2(3):35-40.
- Castillo, J.A. y M.L. Páez. 1989. Impacto de la erosión en la productividad en suelos Alfisoles. pp. 137-147. En: M.L. Páez (ed.) La Erosión Hídrica Diagnóstico y Control. Alcance N° 37 Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.
- Comerma, J.A. y O. Luque. 1971. Los principales suelos y paisajes del Estado Apure. Agronomía Tropical, 21 (5):379-396.
- Comerma, J.A. y A. Chirinos. 1977. Características de algunos suelos con y sin horizonte argílico en las Mesas Orientales de Venezuela. Agronomía Tropical, 27 (2):181-206.

- Cortés, A. 1978. Capacidad de Uso Actual y Futuro de las Tierras de la Orinoquia Colombiana. Vol. 14, N° 13. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.
- Chartres, C.J. y G.W. Geeves. 1998. The impact of soil seals and crusts on soil water balance and runoff and their relationship with land management. *Advances in GeoEcology*, 31: 539-548.
- Donahue, R.L., R.W. Miller, J.C. Shickluna. 1983. *Soils: An Introduction to Soils and Plant Growth*. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- FAO-PNUMA-UNESCO. 1980. Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia.
- Gabriels, D., R. Horn, M.M. Villagra y R. Hartman. 1998. Assessment, prevention, rehabilitation of soil structure caused by soil surface sealing, crusting and compaction. pp. 129-165. In: R. Lal et al. (ed.) *Methods for Assessment of Soil Degradation*. *Advances in Soil Science*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Huang, C.H. y J.M. Bradford. 1992. Application of laser scanner to qualify soil microtopography. *Soil Science Society of America Journal*, 56: 14-21.
- Lal, R. 1998. Soil quality and sustainability. pp. 17-30. In: R. Lal *et al.* (ed.) *Methods for Assessment of Soil Degradation*. *Advances in Soil Science*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Lobo, D., Z. Lozano e I. Pla. 1996. Limitaciones físicas para la penetración de raíces de maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en cuatro suelos de Venezuela. *Venesuelos*, 4: 19-24.
- Logan, T.J. 1990. Chemical degradation of soil. pp. 187-221. In: R. Lal, B.A. Stewart (ed.) *Soil Degradation*. *Advances in Soil Science*, Vol. 11. Springer-Verlag, New York, NY, USA.
- Lozano, Z. 1998. Evaluación de Propiedades Físicas y Químicas de Dos Suelos de los Llanos Occidentales con Sistemas de Labranza Convencional y Reducida. Tesis M.Sc. Facultad de Agronomía, UCV, Maracay, Venezuela.
- Lozano, Z., D. Lobo e I. Pla. 2000. Diagnóstico de limitaciones físicas en inceptisoles de los Llanos Occidentales de Venezuela. *Bioagro*, 12(1):15-24.

- Mogollón, L.F. y J.A. Comerma. 1994. Suelos de Venezuela. Editorial ExLibris, Caracas, Venezuela.
- Mullins, C.E. 1998. Hardsetting. pp. 109-128. In: R.Lal et al. (eds.) Methods for Assessment of Soil Degradation. Advances in Soil Science. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Oldeman, L.R. y G.W.J. van Lynden. 1998. Revisiting the GLASOD methodology. pp. 423-440. In: R. Lal et al. (eds.) Methods for Assessment of Soil Degradation. Advances in Soil Science. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Páez M.L., O. Rodríguez y J. Lizaso. 1989. Potencial erosivo de la precipitación en tierras agrícolas de Venezuela. pp. 45-58. En: M.L. Páez (ed.) La Erosión Hídrica Diagnóstico y Control. Alcance N° 37 Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.
- Pla, I., G. Campero y R. Useche. 1974. Physical degradation of agricultural soils in the Western Plains of Venezuela. 10<sup>th</sup> International Congress of Soil Science, 1:231-240. Moscow, URSS.
- Pla, I. y F. Dappo. 1975. Sistema Racional para la Evaluación de Calidad de Aguas. Suplemento Técnico N° 12. FUDECO, Barquisimeto, Venezuela.
- Pla, I., F. Dappo, A. Florentino y O. Rodríguez. 1984. Suelos afectados por sales en Venezuela. pp. 269-276. En I. Pla, A. Florentino (ed.) Salt Affected Soils of Latin America. International Workshop. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela.
- Pla, I. 1977. Soil erosion in the humid tropics of Latin America with particular reference to Venezuela. In: Greenland and Lal (eds.) Soil Conservation and Management in the Humid Tropics. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Pla, I. 1978. Dinámica de las propiedades hídricas y su relación con problemas de manejo y conservación de suelos agrícolas de Venezuela. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela.
- Pla, I. 1980. Regulación del régimen hídrico de suelos bajo agricultura de secano en Venezuela mediante la aplicación superficial de emulsiones de asfalto. VII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica.
- Pla, I. 1981. El Recurso Suelo. II Congreso Venezolano de Conservación. Mérida, Venezuela.



- Pla, I. 1990. La degradación del suelo y el desarrollo agrícola de Venezuela. *Agronomía Tropical*, 40 (1-3):7-27.
- Pla, I. 1995. Evaluación y diagnóstico de propiedades físicas del suelo en relación a la labranza. pp. 42-51. En I. Pla y F. Ovalles (ed.) *Memorias II Reunión Bianual de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista*. Guanare, Venezuela.
- Salazar, J.V. 1996. Suelos venezolanos limitados para la producción agrícola por mal drenaje, excesivo drenaje, pedregosidad y compactación. pp. 115-125. En R. López, F. Delgado (ed.) *Suelos con Limitaciones Físicas*. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. CIDIAT, Mérida, Venezuela.
- Sánchez, P.A. y T.J. Logan. 1992. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. pp. 35-46. In: R. Lal, P.A. Sanchez (ed.) *Myths and Science of Soils in the tropics*. Spec. Pub. N° 29. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.
- Schargel R. y F. Delgado. 1990. Características y manejo de los suelos utilizados en la producción de bovinos de carne en Venezuela. pp. 187-220. En: D. Plasse, N. Peña de Borsotti (ed.) *VI Cursillo sobre Bovinos de Carne*. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela.
- Steiner, K.G. 1996. *Causes of Soil Degradation and Development Approaches to Sustainable Soil Management*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Margraf Verlag, Weikersheim, Germany.
- Sumner, M. E. 1998. Acidification. pp. 213-228. In: R. Lal et al. (ed.) *Methods for Assessment of Soil Degradation*. *Advances in Soil Science*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Szabolcs, I. 1989. *Salt Affected Soils*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Szabolcs, I. 1998. Soil buildup as a factor of soil degradation. pp. 253-264. In: R. Lal et al. (ed.) *Methods for Assessment of Soil Degradation*. *Advances in Soil Science*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

# **Tercera Parte**



---

## CICLOS DE LOS NUTRIENTES EN LOS SUELOS CULTIVADOS

*Jean Marie Hétier*

### INTRODUCCIÓN

El presente capítulo fue organizado a partir de una visión global del suelo considerado como un sistema vivo cuya calidad o “salud” (Doran, 1994; Doran, 1998) se debe evaluar a través de indicadores físicos-químicos y biológicos combinados. Hablar de salud del suelo supone que, este, como sistema vivo y complejo, tiene varias funciones que cumplir cabalmente para perdurar y mantener su potencial productivo (Pankhurst 1997). Es cierto que los suelos son sistemas vivos, pero no tienen, como los organismos vegetales y animales, la capacidad de organizar su supervivencia. Por lo tanto, se hablará aquí de la calidad de los suelos llaneros, la cual está a menudo limitada por factores naturales o introducidos por el hombre. En este contexto, la fertilización tendrá como objetivo general el de superar estos factores limitantes, respetando el orden biológico de importancia: agua, macro y micro nutrientes minerales, actividad de las meso y micro fauna, etc.

Este capítulo no aborda los conocimientos generales, supuestamente conocidos por todos los profesionales que han tenido una formación básica en ciencia del suelo. Su finalidad apunta, más bien, a reunir los conocimientos indispensables para los docentes y los estudiantes de post-grado de maestría y de doctorado dedicados a definir el mejor uso agrícola posible a los suelos llaneros sin comprometer su fertilidad futura.

Este capítulo se organiza según el modelo del manual titulado “Solos dos cerrados” editado en 1986 por el *Centro de Pesquisa agropecuaria dos Cerrados* (EMBRAPA) bajo la dirección de Wenceslau J. Goedert (Goedert,

1986) reuniendo los conocimientos generales estimados indispensables sin repetir el contenido del reconocido manual "Introducción a la ciencia del suelo" (Casanova, 1991) o de la síntesis reciente "Fertilidad de suelos, su manejo en la producción agrícola" (Solórzano, 1997).

Se aborda el estudio de los flujos de nutrientes a escala de la parcela y no de la finca o de cuenca, tales como fueron descritos, en síntesis recientes de alcance general (Magdoff, 1997); los llanos venezolanos no tienen particularidades muy específicas al respecto.

## **Definiciones de la fertilidad y de la fertilización**

### ***Fertilidad***

La fertilidad de un suelo puede definirse como su productividad potencial para un cultivo determinado. Dicha productividad depende, entre otros factores, de la capacidad del suelo para suministrar elementos nutritivos a las plantas. Esta capacidad de suministro depende a su vez de los flujos de nutrientes que deben continuamente atravesar el sistema y pasar por la solución del suelo antes de abastecer a las plantas. El nivel adecuado y equilibrado de estos flujos no depende sólo de cantidades de nutrientes presentes sino también de varios factores: estructurales, hídricos, biológicos que no siempre son bien evaluados por los métodos rutinarios de análisis de suelo (Hervé, 1994), pero no pueden por ello ser excluidos de la definición de fertilidad.

Teóricamente, si se pudiesen eliminar todos los factores limitantes, dicha fertilidad podría, alcanzar el potencial genético de la planta considerada. En la práctica, sólo se puede considerar la fertilidad potencial de un sitio dado (Tinker, 1984) para un cultivo dado, la cual será siempre inferior al potencial genético. El potencial local de producción constituye entonces la meta real de las diversas intervenciones que contempla el proceso de fertilización.

### ***Fertilización***

La fertilización se puede definir como el conjunto de operaciones necesarias para establecer o restablecer la fertilidad potencial. Esta amplia

definición permite considerar los aportes de nutrientes minerales sólo como una parte de las operaciones de fertilización de los suelos. En la práctica, estas operaciones deben organizarse con base en una estrategia integral de gestión de la fertilidad del suelo a corto, mediano y largo plazo. La puesta en marcha de estrategias demasiado simplificadas, conduce a dos tipos de inconvenientes:

- a) Se produce una imperceptible disminución de la fertilidad difícil de analizar a tiempo para restaurarla de manera preventiva.
- b) Ocurre una destrucción del potencial productivo, tan grande que corregir *a posteriori* se hace imposible.

En Venezuela, la eliminación del subsidio a los fertilizantes tuvo el efecto positivo de acelerar el proceso de concienciación del carácter integral y complejo de la fertilización, lo que se materializa en las recomendaciones más recientes a los productores (Laborem, 1996).

## **FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA SUELO-PLANTA**

### ***El sistema suelo-raíces***

No se puede iniciar la descripción de los ciclos de los principales nutrientes sin recordar las principales reglas que rigen su entrada en la planta en el ámbito de la interface suelo-raíz y del intermedio indispensable que es la solución del suelo. Como lo hemos dicho en la introducción, el concepto de fertilidad es inseparable de la eficiencia del sistema suelo-planta en el cual el contacto entre suelo y planta está asegurado por la superficie de las raíces (rizoplan) en contacto con la fase acuosa.

Afortunadamente, disponemos ahora de más conocimientos sobre las características de las raíces y de los mecanismos de intercepción de los nutrientes (Jungk, 1997) que pueden ser simulados por modelos de simulación que hicieron progresos decisivos al tomar en cuenta el desarrollo de la biomasa radical y de la difusión de los nutrientes a sus alrededores. Las raíces de un cultivo pueden llegar hasta 10 km de largo por m<sup>2</sup> de terreno cultivado y hasta el doble si se toman en cuenta los pelillos absorbentes, o sea por lo menos 10 a

20 cm de longitud de raíz y pelo por  $\text{cm}^3$  de suelo. Una longitud tal corresponde a una superficie de contacto suelo-raíz del orden de 10 a  $40 \text{ cm}^2$  por  $\text{cm}^3$ . Ello permite entender que la concentración de nutrientes en la solución de suelo puede bajar muy rápidamente hasta casi 0 en el rizoplan. Se crea así una gradiente de concentración que es el motor del proceso de difusión, proceso que es determinante en el funcionamiento de la interface suelo-raíz.

Conocer las leyes básicas del fenómeno de difusión de los nutrientes en el suelo cerca de las raíces constituye una obligación para poder entender la fertilidad y racionalizar la fertilización. Los coeficientes de difusión en agua de todos los nutrientes son bien conocidos. En el suelo, se complica la situación porque se debe tomar en cuenta la humedad del mismo, su densidad aparente, su textura y más que todo su poder amortiguador (*buffer*) que en definitiva condiciona la re-alimentación de la solución a medida que su concentración baja por efecto de la absorción radical. Es importante recordar al respecto que el vaciamiento del suelo rizosférico no concierne solamente a la solución sino también a la fase insoluble de los nutrientes intercambiables fuertemente requerida también por la raíz.

Todos estos conocimientos han podido ser sintetizados en un modelo (Jungk, 1997) que relaciona los flujos de entrada en la planta con la creación de los gradientes de concentración que mantienen activa la difusión en el suelo en los primeros milímetros alrededor de la raíz. Este modelo da resultados muy satisfactorios para el potasio y tendrá que evolucionar más todavía para considerar los otros nutrientes y tomar en cuenta las interacciones entre los diversos iones, los efectos rizosféricos y las micorrizas. Tales modelos podrán sustituir a la noción demasiado vaga de elemento disponible que impera, todavía, en la simulación de la nutrición mineral.

## **PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE CULTIVOS ANUALES Y PRADERAS PERMANENTES**

Antes de iniciar las descripciones de los ciclos de nutrientes, se debe recordar las diferencias fundamentales entre los cultivos anuales y praderas permanentes.

Los cultivos anuales se caracterizan por el contraste entre periodos de preparación del suelo, de cultivo y de post-cosecha. La preparación de la tierra y la fertilización favorecen diversos tipos de pérdidas, en particular gaseosas. El cultivo intensifica la exportación anual en un período corto. En el período post-cosecha, las pérdidas son rápidas y ampliadas a la totalidad de la superficie del suelo que queda muy lejos de su estado de equilibrio. El primer síntoma de este desequilibrio es la destrucción de la estructura del suelo.

En Brasil por ejemplo, el seguimiento de parcelas de cultivo, de pasto permanente y de rotaciones instaladas en los cerrados ha permitido constatar la desaparición de la mitad de los agregados del suelo de tamaño superior a 2 mm en sólo cuatro años de arado (Ayarza, 1993).

Por lo contrario, en las praderas, el reciclaje de nutrientes interviene varias veces antes de la exportación debido a la permanencia del cultivo (Murphy, 1986). Por ejemplo, las exportaciones anuales correspondientes a una lactación de 4500 litros son del orden de 50 kg de nitrógeno, 6 a 7 kg de, cada uno, potasio y calcio, 5 kg de fósforo y 0,5 kg de magnesio. La consecuencia de estas exportaciones, relativamente modestas, es que el suelo no se aleja demasiado de su estado de equilibrio. Además, una vez exportado por el ganado, una mayoría de los nutrientes vuelve al suelo en forma de excreciones localizadas, lo que constituye otro carácter específico del sistema de cultivo forrajero. La consecuencia del reciclaje externo y de la localización de los nutrientes es que su uniformización espacial requiere un tiempo largo: de 5 (con 1 unidad de ganado  $1 \text{UG ha}^{-1}$ ) a 25 años (con  $0,5 \text{UG ha}^{-1}$ ). Además, la localización puede inducir pérdidas (de nitrógeno y de potasio por ejemplo) intensas donde se encuentran altas concentraciones puntuales.

## **LOS CICLOS**

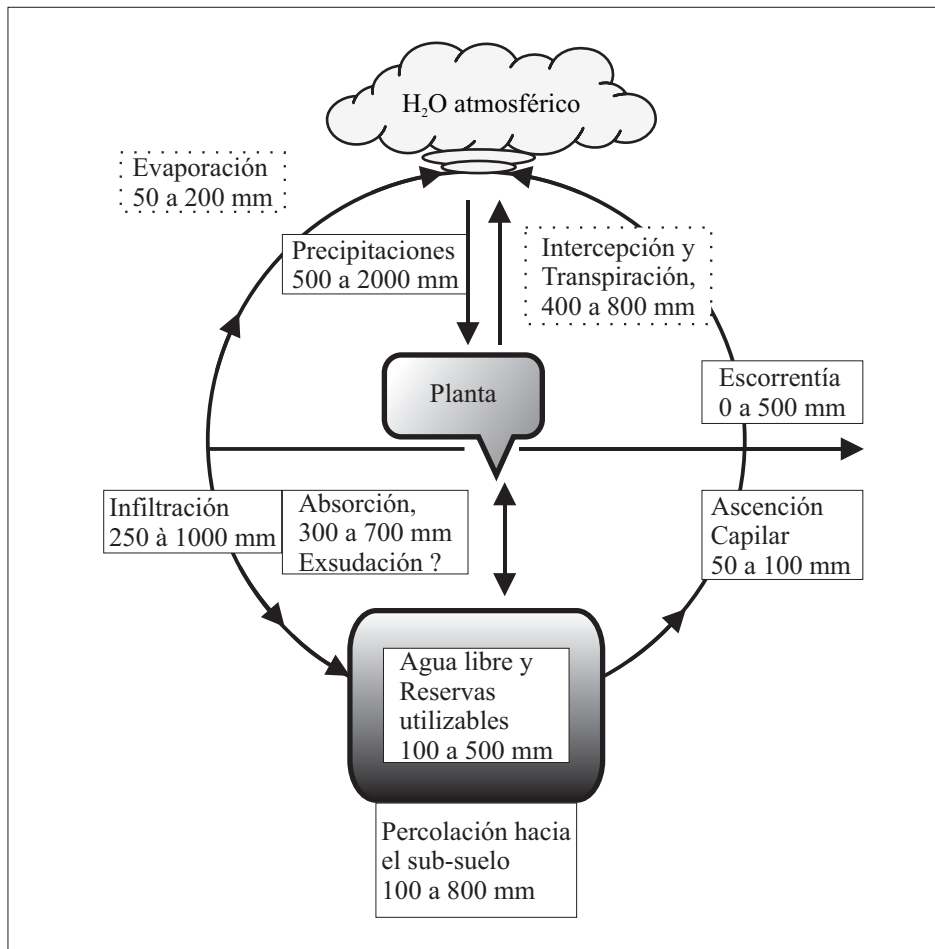
Dadas estas precisiones, se puede iniciar ahora la descripción: de los ciclos mediante sencillos diagramas de flujos. Primero los principales pasos de los ciclos del agua, y luego, sucesivamente, los de la materia orgánica, del nitrógeno y azufre, fósforo, potasio, calcio y magnesio, hierro, aluminio y manganeso, y oligoelementos.



## El ciclo del agua

Cualitativamente los términos del ciclo del agua son los mismos en todos los ecosistemas o agro-ecosistemas (Sarmiento, 1980) pero cuantitativamente pueden diferir mucho. Los datos numéricos indicados en la Figura 7.1 son solamente indicaciones de flujos anuales que pueden encontrarse en los llanos venezolanos.

**Figura 7.1** Ciclo del agua, orden de magnitud de los flujos anuales que pueden ocurrir en los suelos de los llanos venezolanos.



Estas órdenes de magnitud son valores extremos que corresponden a una gran variedad de situaciones llaneras. En la práctica, siempre será importante caracterizarlas con la mayor precisión posible para poder entender sus características específicas y sus posibles alteraciones evitando así intervenciones erróneas. Por ello, se mencionan en el presente capítulo, las circunstancias en que el agua puede convertirse en factor limitante de la fertilidad y por lo tanto justificar una intervención.

Un primer factor limitante es el de precipitaciones insuficientes. En este caso se debe actuar para limitar la evaporación y favorecer el almacenaje de reservas en el suelo. Si estas medidas no son suficientes para los cultivos previstos, se deberá planificar algún tipo de irrigación de manera adecuada para mejorar la eficiencia de los nutrientes, por ejemplo, favoreciendo la hidrólisis de la urea sin provocar una volatilización masiva del amonio. (Bouwmeester *et al.*, 1985; Demeyer, 1995).

El segundo ejemplo de factor limitante es el de pérdidas por escorrentía, las cuales se producen, en general, al inicio de la estación de lluvia donde ocurren precipitaciones abundantes y violentas que pueden, fácilmente, sellar la superficie de los suelos arcillo limosos (más aún cuando están recién arados) y dañar las plantas jóvenes sin contribuir a la reconstitución de las reservas hídricas del suelo agotadas por la estación seca (Pla., 1994).

Si la energía cinética de las gotas es alta y la textura del suelo muy fina, el salpicado puede movilizar grandes cantidades de tierra que pueden luego salir de las parcelas cultivadas y perderse en los alrededores o en los ríos. De manera general, la erosión provoca pérdidas mínimas en condiciones de selva, ( $< 0,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ), pero la deforestación puede incrementarla hasta  $600$  a  $1200 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  en zonas tropicales (Lal, 1984). En suelos arenosos africanos con pendiente de  $1 \%$ , la erosión es de  $0,1$  a  $0,7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , pero después de  $1$  a  $3$  años de cultivos cubriendo poco el suelo (sorgo, maní), la estructura de las capas ricas en humus se degrada, la escorrentía se hace fuerte y la erosión alcanza  $4$  a  $10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  dejando desnudas las capas minerales compactadas y estériles después de treinta a cuarenta años. Medidas preventivas (“*mulch*”, labranza mínima) pueden evitar o limitar las consecuencias de la escorrentía. Estas técnicas de protección pueden disminuir hasta de  $100$  veces las pérdidas de tierra en los casos más favorables.

La ecuación de Wischmeier ha sido muy utilizada por la modelización de pérdidas de suelo por erosión hídrica:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

donde:

- A Pérdida de suelo ( $\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ )
- R Factor erosividad de la lluvia.
- K Factor erosionabilidad del suelo.
- LS Factor longitud e inclinación de la pendiente.
- C Factor de manejo de la cobertura vegetal.
- P Factor de prácticas especiales para el control de la erosión.

En Brasil, en condiciones similares a las de Venezuela, se calcularon de esta manera, pérdidas potenciales en la región de Manaos. Según los tipos de suelos y la topografía, las pérdidas potenciales de suelo varían entre 0,2 y 0,5 toneladas por hectárea y por año (Lima, 1993). Además, es importante considerar no solamente las pérdidas de suelo y la escorrentía sino también las pérdidas de nutrientes en solución. En Nigeria por ejemplo, tales pérdidas alcanzaron, de 7 a 19  $\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  de Nitrógeno, de 0 a 2,0  $\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  de fósforo, de 0,1 a 13  $\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  de potasio (Lal, 1984).

Muchas veces, la calidad de las previsiones obtenidas por esta ecuación ha sido decepcionante por exceso de normalización de los factores impidiendo alcanzar, a escala de la parcela, una precisión que permita prescindir de los experimentos. Fuera de las estimaciones de R, LS, y K a discreción del experimentador, son los factores C y P que, en general, tienen una influencia predominante sobre el resultado final. Dentro del factor R, se debe tomar en cuenta la energía cinética de las gotas de lluvia. En Venezuela, donde las lluvias iniciales son muy fuertes, (gotas de gran diámetro cayendo a gran velocidad sobre el suelo) habría que tomar en cuenta este aspecto, que puede multiplicar por cuatro el efecto del salpicamiento en suelos arcillosos mientras que en suelos arenosos gruesos, el efecto de las altas energías es nulo porque las partículas más gruesas (superiores a 0,25mm) no salpican (Lima, 1993).

Una ecuación similar sirve para evaluar las pérdidas por erosión eólica:

$$E = f(Cx Ix Kx LxV)$$

donde

- E Cantidad anual de pérdida de suelo por unidad de superficie.
- C Factor local climático del viento.
- T Factor que integra el potencial de erosión con relación a la textura
- K Rugosidad de la superficie del suelo.
- L Anchura equivalente de la parcela.
- V Cantidad equivalente de cobertura vegetal.

Se puede actuar sobre:

- El factor C por utilización de cortinas rompe vientos.
- El factor I y K por labranza (formación de terrones).
- El factor L, utilizando parcelas perpendiculares al viento.
- El factor V, utilizando abono verde, mínima labranza

Un tercer factor limitante es el de un drenaje y de una evaporación que pueden hacer competencia a los cultivos. Es preciso, para superarlo, mejorar la estructura del suelo, mediante la optimización del status orgánico lo que limita el drenaje y la evaporación y favorece la utilización del agua por los cultivos (Pla, 1995).

La planificación de todas estas intervenciones se mejora progresivamente usando los modelos de simulación propuestos desde hace muchos años (Nimah y Hanks, 1973; Raes *et al.*, 1983) por varios autores. Afortunadamente, la modelización del ciclo del agua ha sido muy estudiada desde hace varios años (Addiscott y Wagenet, 1985; (Amoozegar-Fard *et al.*, 1983; Raes *et al.*, 1983; Saxton, 1985). Estos modelos, simulan la transferencia del agua de un compartimiento al otro y deben ser validados en condiciones específicas que permitan modificar la repartición del agua en el perfil y su disponibilidad para las raíces (Delgado, 1988). Por ejemplo, en los suelos volcánicos de Nicaragua, la ascensión capilar puede jugar un papel importante (Arora, 1980; Maraux, 1998) que sería ocultado por modelos que no toman en cuenta este fenómeno en sus simulaciones como es el caso del modelo STICS desarrollado en Europa (Brisson, 1998).

En conclusión, se debe insistir sobre el papel fundamental de la solución del suelo como vector de todos los nutrientes en el sistema suelo-planta. Esta solución se encuentra enriquecida por las lluvias y el pluvio-lavado de la vegetación. Luego, ella puede ser enriquecida o empobrecida, en uno o otro elemento, según la composición del suelo. Veremos en el Cuadro 7.1 un ejemplo de la composición de la lluvia, y de las aguas que entran y salen del suelo en un ecosistema forestal de Venezuela.

**Cuadro 7.1** Promedio del pH y concentración de elementos químicos (mg.l ) en el agua de diferentes niveles de transferencia en el ecosistema de San Eusebio, Venezuela (según Fassbender (1993) modificado)

	PH	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Al	Na
Lluvia	4,55	0,64	0,05	0,21	0,39	0,51	0,07	0,02	0,16	0,28
Ingreso al suelo (+ pluvio-lavado)	6,34	0,56	0,29	38,39	5,08	2,09	0,56	0,10	1,06	0,42
Egreso del suelo	4,92	0,77	0,02	0,45	0,41	0,11	0,06	0,01	0,18	0,27

En el caso de un ecosistema en casi equilibrio, como este, la composición de las aguas al salir del suelo puede ser bastante similar a la de las lluvias. Luego, los nutrientes añadidos por el pluvio-lavado pueden ser retenidos por el suelo. En caso contrario, el suelo puede empobrecerse perdiendo cantidades de elementos muy superior a los ingresos. Para evaluar la durabilidad de sus agroecosistemas, sería bueno que los agrónomos se acostumbren a establecer balances biogeoquímicos en los diversos tipos de suelo y de cultivo, tal como lo hicieron los ecólogos para los ecosistemas naturales y luego para los agroecosistemas forestales o agro-forestales (Fassbender, 1993).

Para que los modelos de simulación sean suficientemente confiables, la descripción de los ciclos de nutrientes no debe ser afectada, desde un comienzo, por errores sistemáticos del ciclo del agua que podrán corregirse sólo por otros errores compensatorios (Cabelguenne *et al.*, 1986). Se puede esperar que los progresos venideros (Addiscott, 1996) permitan mejorar, correlativamente, la simulación del funcionamiento de los ciclos tanto del agua como de los nutrientes minerales.

## Los ciclos de nutrientes y la modelización

La ventaja de referirse a los ciclos de los nutrientes proviene del hecho que de los mismos se desprenden todos los modelos de simulación de las relaciones suelo-planta en los agro-ecosistemas. En el futuro, se puede prever que los modelos van a constituir una referencia pedagógica inevitable así como una herramienta cotidiana para el experimentador (Brisson, 1998; de Willigen, 1991; Molina *et al.*, 1994; Molina, 1998). Este desarrollo de la modelización será aún más eficiente si se compaginan los aspectos cuantitativos, que forman la estructura común de la mayoría de los modelos actuales, con los aspectos cualitativos. Ello permitirá seguir los avances de la investigación en materia de mecanismos de transformación de los compuestos orgánicos de los suelos.

El debate sobre el carácter empírico de algunos modelos, en oposición al carácter supuestamente mecanicista de otros, parece muy académico si se toma conciencia de la complejidad de las relaciones suelo-planta. En realidad todos los modelos son empíricos (Broadbent, 1986; Witmore *et al.*, 1991) y su grado de complejidad depende más de su finalidad didáctica para guiar la investigación o práctica como herramienta de ayuda a la decisión (Geypens y Vandendriessche, 1996; Matus y Rodríguez, 1989) que de su pretensión de representar el funcionamiento real del sistema suelo-planta.

Actualmente, los esfuerzos realizados para adaptar a las condiciones tropicales los modelos concebidos y calibrados en medio templado, no son todavía suficientes (Woomer, 1993). La necesidad de tales adaptaciones ha sido bien planteada, desde 1984 por Parton, autor del modelo Century, como conclusión de tres tentativas de aplicar este modelo a lo largo de una gradiente altitudinal, sobre los andosoles de Hawaii, los oxisoles amazónicos de Perú y las sabanas de Tanzania. Las discrepancias entre mediciones y simulaciones fueron tales que los autores concluyen en la necesidad de realizar, por lo menos, una serie de 10 recomendaciones de adaptación. Cinco años más tarde, algunas de ellas todavía no se habían cumplido (Parton, 1989). La primera indicaba la realización de fraccionamientos de materia orgánica para dar una base experimental a los compartimentos conceptuales de material orgánica activa, lenta y pasiva. Ello se podría lograr mediante una revisión del concepto de compartimiento activo, el cual no se puede asimilar a la sola biomasa microbiana porque los metabolitos pueden renovarse activamente sin ser, necesariamente, intracelulares.

Un nuevo método de fraccionamiento, que separe las partes externas e internas de los micro-agregados, podría constituir la vía adecuada de definición experimental de los compartimentos lentos y pasivos. Ello consiste en una destrucción parcial y progresiva por ultrasonido combinada con una densimetría (Cambardella y Elliott, 1994). Dicho método debería ser usado en varios contextos tropicales para comprobar su utilidad en modelización.

De las otras recomendaciones de Parton sólo recordaremos:

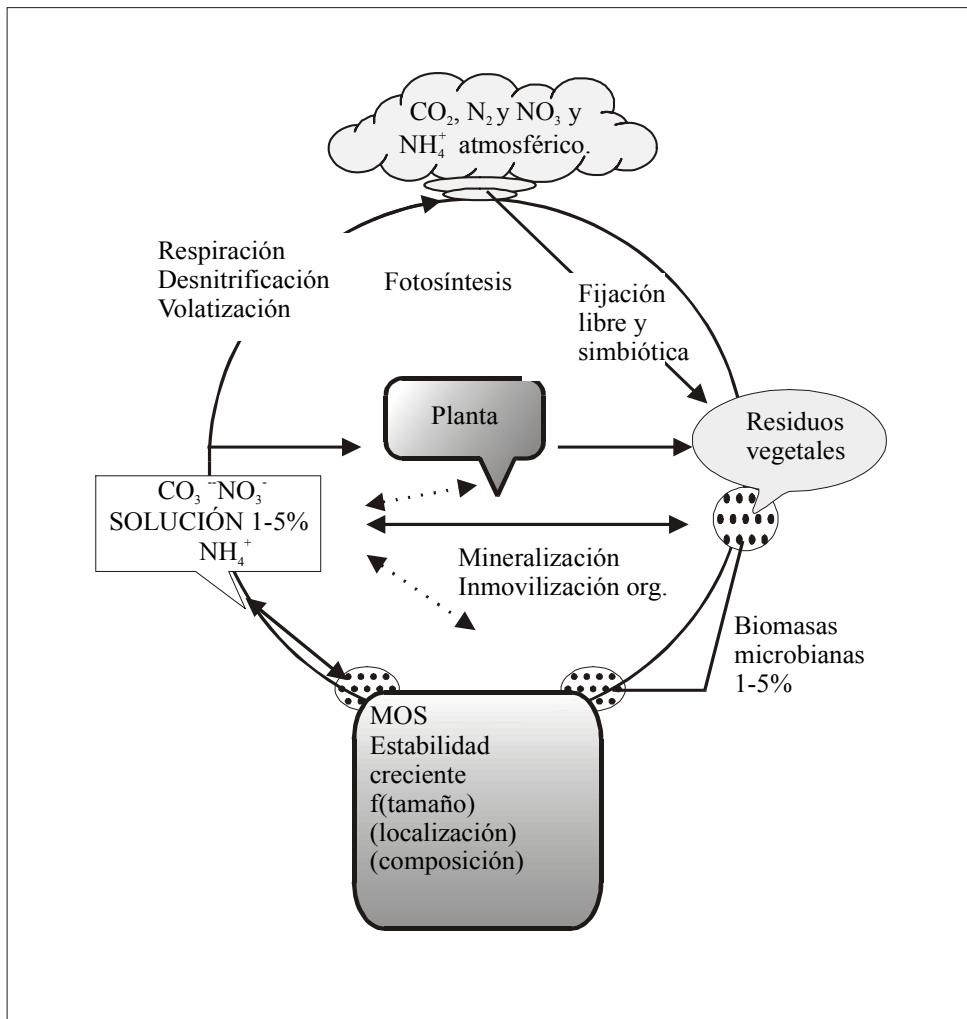
- estudiar mejor el efecto temperatura que será, probablemente, diferente sobre la micro y meso fauna de los suelos tropicales.
- tomar en cuenta el contenido de la solución del suelo en CO<sub>2</sub> y elementos minerales
- simular correctamente la nitrificación.

Century, el modelo propuesto por Parton, tal vez, no sea el más adaptado para realizar simulaciones a escala del sistema de cultivo. Sin embargo, sus recomendaciones son pertinentes y veremos más adelante que algunos de los esfuerzos propuestos, para adaptar los modelos a las condiciones tropicales, se realizaron o se realizan en Venezuela.

### ***El ciclo de la materia orgánica***

No parece indispensable recordar aquí, en forma detallada, los principales rasgos del ciclo del carbono. Históricamente, la modelización de la materia orgánica de los suelos se ha desarrollado inicialmente a partir de las mediciones de radioactividad natural y artificial del <sup>14</sup>C (Jenkinson y Rayner, 1977), pero últimamente se ha apoyado más sobre estudios isotópicos del nitrógeno debido a la importancia agronómica de este elemento.

Tampoco pareció indispensable recordar generalidades sobre la composición de los compuestos orgánicos los cuales no tienen carácter específico en los suelos llaneros (Rivero de Trinca, 1993). Hemos preferido presentar primero un esquema mixto donde aparecen las principales etapas de los ciclos del carbono y del nitrógeno lo que evidenciará mejor sus semejanzas y diferencias (Figura 7.2).



**Figura 7.2** Principales etapas de los ciclos del carbono y el nitrógeno.



## **Entrada al sistema**

Respetaremos la diferenciación propuesta por Sánchez (1989) entre las entradas orgánicas, (básicamente tejidos vegetales de origen aérea o radical) y la materia orgánica del suelo la cual es el resultado de la transformación (humificación) de estos residuos vegetales por la fauna y la microflora del suelo.

La fuente atmosférica, exclusiva para el carbono, también es importante para el nitrógeno en los períodos durante los cuales la fijación libre o simbiótica no está inhibida por concentraciones excesivas de nitratos o amonio en la solución del suelo. Además, en zonas industrializadas y urbanizadas, el depósito de nitratos y amonio en solución o suspensión atmosférica pueden contribuir, significativamente, al equilibrio de balances aparentemente deficitarios con relación a las extracciones de nitrógeno debido a las cosechas. La mayor parte de este nitrógeno de origen atmosférico entra en el sistema a través de la planta.

## **Residuos de cosecha**

Una vez que las plantas se transforman en residuos vegetales y se incorporan al suelo, dichos residuos son, en su mayoría, mineralizados durante el primer año. Los estudios con residuos de un *ray-grass* marcado demostraron que al final de este primer año solo queda 33% del carbono enterrado en suelos templados y 20% en un suelo tropical. Esta proporción sube un poco para las pajas de trigo o maíz pero se duplica (60 a 70%) para las raíces de pasto (Stevenson, 1986) que constituyen entonces la mejor fuente de materia orgánica para la reconstitución del estatus orgánico de los suelos.

Las partes no mineralizadas son progresivamente transformadas por una biomasa microbiana adaptada a los principales constituyentes de la materia vegetal. Por ello, la simulación de estas transformaciones ha sido notablemente mejorada por el hecho de diferenciar la velocidad de descomposición de los residuos con relación a su contenido en carbohidratos, celulosa y lignina (Quemada, 1997). La materia orgánica producida por esta descomposición no es cualitativamente diferente en los suelos tropicales y templados homólogos (Theng, 1989). Lo que puede diferenciar los suelos tropicales de los templados son las proporciones de los constituyentes orgánicos, así como los factores de

insolubilización y de estabilización de la materia orgánica. Esto hace que el mundo tropical sea tan variable como el mundo templado aún si las unidades de paisaje pueden ser más amplias (Eswaran, 1992).

El volumen de la biomasa microbiana transformadora de los residuos vegetales, puede variar mucho según la cantidad de residuos y según las fases sucesivas de la vida del suelo donde la biomasa puede tener el papel de fuente, pozo o almacén para el nitrógeno (Carter y Rennie, 1984; Janssen, 1996). En general, este volumen varía entre 0,5 y 15 % del N total (Stevenson, 1986) o sea una variación del orden de 100 kg ha<sup>-1</sup> para suelos tropicales con escasas reservas orgánicas. Según su composición inicial, los productos de descomposición se asocian más o menos a las arcillas (Hassink, 1995), luego pueden ser re-mineralizados, con más o menos facilidad, según su situación dentro o afuera de los micro-agregados (Hassink, 1994). Al final del proceso, una gran parte del carbono de los residuos sale en forma de CO<sub>2</sub> mientras que una parte restante se organiza en biomasa y humus asociándose con la mayoría del nitrógeno (Amato y Ladd, 1980; Ladd *et al.*, 1981), el resto sale en forma de pérdida gaseosa, de lixiviación o de salida en la cosecha.

Es necesario insistir aquí sobre una idea importante encontrada en la conclusión de unos estudios de evolución de residuos vegetales y biomasa marcados: no existe base científica para afirmar que el N biomasa stricto sensu (es decir los cuerpos microbianos) constituye un alimento a corto plazo para las plantas (Duxbury, 1994). Ello demuestra que es necesario realizar todavía muchas investigaciones para entender las relaciones entre los diversos tipos de constituyentes orgánicos que entran en los ciclos del carbono y del nitrógeno. Relaciones entre los residuos vegetales (residuos organizados y exudados principalmente) los residuos microbianos (cuerpos microbianos y sus exudados) y las diversas categorías de materias orgánicas ya transformadas y acumuladas en el suelo. Estas relaciones, prácticamente desconocidas, son fundamentales para poder elaborar científicamente una política de uso racional de los desechos de cosecha (Sánchez, 1989). Por ejemplo, se admite generalmente que enterrar desechos de leguminosa representa un aporte de nitrógeno pero es difícil cuantificarlo. El uso directo (residuo marcado) e indirecto (dilución de un abono marcado por el nitrógeno de un residuo no marcado) del trazador <sup>15</sup>N permite evaluar la eficiencia de tales desechos y compararla con otros (Stevenson, 1998). Un estudio de la nutrición nitrogenada del maíz en monocultivo o en rotación con el de soya demuestra muy

claramente que después de un cultivo de soya, el maíz utiliza solamente un poco del nitrógeno de los desechos de soja, pero hace mucho mejor uso del nitrógeno endógeno preexistente en el suelo (Omay, 1998).

Mediciones y experimentos similares deberían repetirse en medio tropical con plantas y condiciones del lugar. Ello se debe hacer tomando en cuenta la experiencia adquirida en condiciones templadas pero, sin realizar extrapolaciones baratas pero arriesgadas. Por ejemplo, se ha escrito muchas veces que los suelos tropicales tienen menos materia orgánica que los templados, dadas las altas tasas de mineralización inducidas por altas temperaturas. Esta afirmación errónea (Greenland, 1992) se desprende del hecho de ignorar que las entradas son igualmente más altas y que se deben comparar parcelas de suelos tropicales y templados comparables no sólo en su naturaleza sino también en su historia (Sánchez, 1992).

Antes de entrar en las descripciones de los diversos ciclos de nutrientes, presentamos en el Cuadro 7.2 datos generales de composición de las principales plantas cultivadas para dar una idea del aporte potencial de nutrientes que puede representar su mineralización dado que vamos siempre a mencionar el aporte que representan los desechos de cosecha en las entradas de cada ciclo.

**Cuadro 7.2** Contenido mineral de los principales cultivos (Fassbender, 1993).

kg t <sup>-1</sup> de peso seco	N	P	K	Ca	Mg	S	g t <sup>-1</sup>	Cu	Mn	Zn
<b>CEREALES</b>										
<b>Maíz</b>										
Grano	18,7	3,7	7,9	1,8	1,5	1,2		6,9	10,5	17,9
Paja	9,9	1,8	11,8	2,6	2,0	1,5		5,0	154,5	32,6
<b>Arroz</b>										
Grano	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3					
Paja	4,5	0,6	10,4	2,4	1,5					
<b>Sorgo</b>										
Grano	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4					
Paja	6,6	0,4	1,6	3,0	2,1					
<b>PASTOS</b>										
<i>Panicum maximum</i>	13,1	2,3	16,9	6,9	4,3					
<i>Digitaria decumbens</i>	12,6	2,0	17,2	4,2	2,8					
<i>Pennisetum purpureum</i>	14,6	2,3	19,2	3,4	2,5					
<i>Brachiaria mítica</i>	14,3	2,1	19,3	4,3	2,5					
<b>OTROS CULTIVOS</b>										
Yuca*	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9					
Papa*	4,7	0,9	6,7	1,8	1,2					
Café (granos secos)	25	1,7	16	1	2					
Cacao (almendras secas)	20	4,4	10	2	2					
Banano*	1,9	0,2	5,4	2,3	3					
Caña de azúcar	0,75	0,2	1,25	0,28	0,1					

\* cosechas con 10 a 20% de humedad

## **Biomasa microbiana**

La relativa facilidad del método de fumigación-extracción ha permitido multiplicar los resultados sin siempre profundizar suficientemente su significado. En efecto, como mas arriba señalado, todavía no se ha terminado de aclarar el papel de la biomasa microbiana en cuanto al suministro de nitrógeno a las plantas.

En primer lugar, no hay que olvidar que la variación estacional del volumen de la biomasa es, a menudo, superior a la variación entre los tratamientos de un experimento agronómico (Collins *et al.*, 1992). En segundo lugar, se debe evitar la confusión entre el contenido intracelular de nitrógeno de la biomasa y el compartimiento de nitrógeno activo. Dicho compartimiento puede ser, a la vez, más amplio y/o cualitativamente diferente de la biomasa microbiana con una proporción de metabolitos extracelulares variables (Loiseau *et al.*, 1994). En este caso, esta confusión, detectada desde hace mucho tiempo (McGill *et al.*, 1975), se desprende de una estrecha correlación entre nitrógeno biomasa y nitrógeno asimilable o lixiviado. Pero en este caso, correlación no significa identidad sino que los dos fenómenos observados están relacionados con un tercer fenómeno común que no se mide. Para que el nitrógeno de la biomasa pueda constituir la principal fuente de nitrógeno para los cultivos, el tiempo de residencia del nitrógeno en dicha biomasa debería oscilar entre algunas semanas y algunos meses. Pero, cada vez que se logra medir o estimar el tiempo de residencia del nitrógeno o del carbono microbiano, se encuentran, en general, tiempos superiores al año (Smith, 1994). En conclusión, si bien es cierto que el nitrógeno biomasa participa del almacén (*pool*) de nitrógeno asimilable, no lo puede representar en su totalidad.

## **Conclusiones: entradas y reservas orgánicas, carbono y nitrógeno**

El ciclo global de la materia orgánica ha sido poco estudiado en los suelos tropicales y los estudios existentes han puesto su atención mucho más a los suelos forestales (Fassbender, 1993) que a los suelos dedicados al pastoreo o a los cultivos anuales. En estos últimos casos se estudiaron, más que todo, las relaciones entre materia orgánica, fertilidad (Kang, 1993) y durabilidad de los sistemas de cultivo (Swift y Woomer, 1993).

La entrada de materia orgánica al sistema suelo-solución se realiza esencialmente en forma de residuos organizados y de exudados. Por lo tanto, sería importante organizar los estudios para conocer mejor las transformaciones de los residuos vegetales y de los exudados en el suelo. Para ello, el fraccionamiento granulométrico siempre tendrá un valor insustituible para observar la destrucción de los tejidos vegetales y la estructuración de los agregados (Feller, 1993). En efecto, gracias a este método, se pudo evidenciar la mineralización rápida de los desechos gruesos y de una parte de la fracción fina ( $<2\mu$ ) relacionada con la biomasa microbiana. Mientras tanto, los agregados medianos (2-20 $\mu$ ) constituyen la fracción relativamente la más estable y juega un papel importante en las propiedades físicas e hídricas de los suelos.

Tales estudios hacen falta en Venezuela donde la relación entre fertilidad y materia orgánica ha sido abordada de manera global por algunos investigadores para tratar de apreciar la durabilidad de los sistemas de cultivo instalados sobre suelos de sabana natural o de selva tropical (Tiessen, 1994). Ellos concluyeron que el agotamiento rápido de las reservas de N y P asociadas al carbono perdido es inevitable y que estos cultivos no tienen perspectiva de durabilidad con las prácticas actuales de manejo de los suelos. En consecuencia, toda una serie de estudios destinados a definir las condiciones necesarias para la optimización del status orgánico de los suelos debe realizarse para acompañar las políticas de fertilización y de laboreo de los suelos cultivados.

### ***El ciclo del nitrógeno***

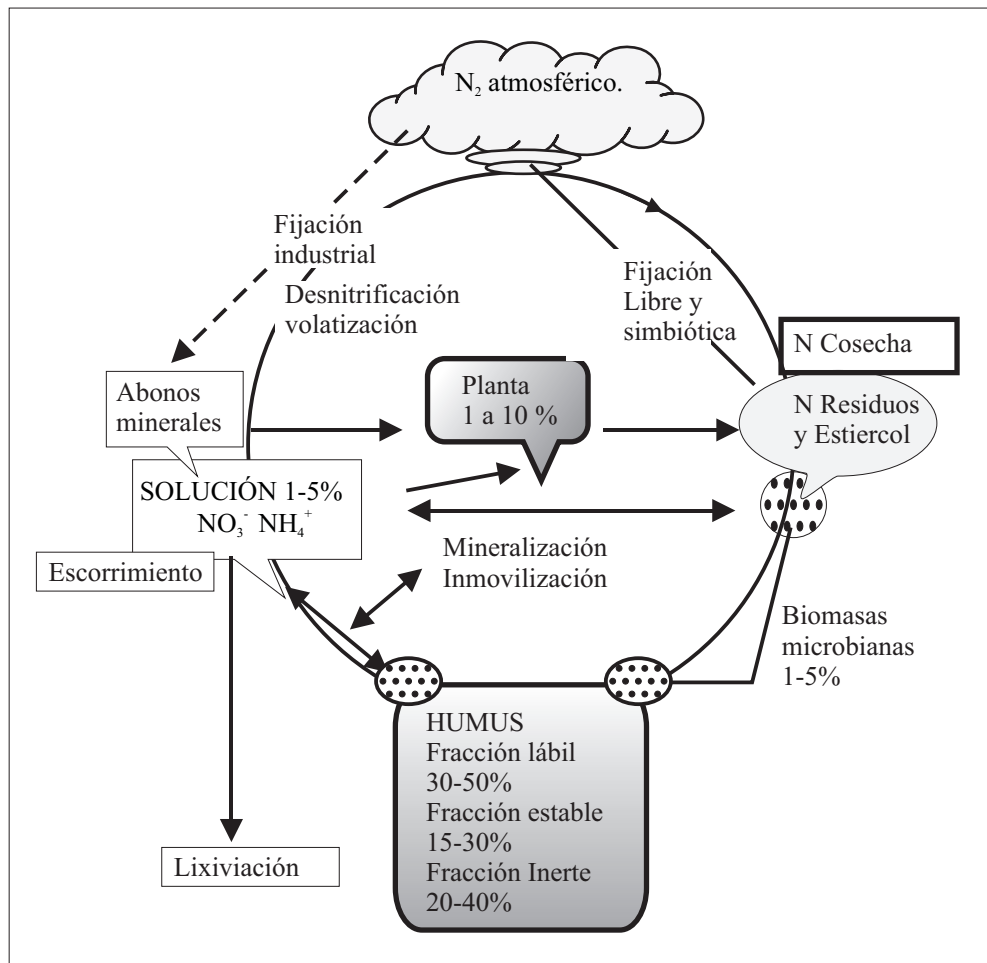
#### **Entradas y salidas**

La fijación biológica e industrial de nitrógeno sigue siendo la principal entrada en el sistema y tiene que compensar las salidas correspondientes a las cosechas y a las pérdidas en forma gaseosa o de nitratos lixiviados.

La entrada de nitrógeno amoniacal con las lluvias tropicales varía de 5 a 20 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Fassbender, 1993; Jordan *et al.*, 1982 ) y puede ser superior en caso de contaminación atmosférica cerca de los centros urbanos e industriales. La fijación simbiótica sobrepasa, fácilmente, los 150 kg N ha<sup>-1</sup> en

leguminosas forrajeras y los 100 kg N ha<sup>-1</sup> en cultivos tipo frijol y soya si las condiciones son favorables (Stevenson, 1986 p.127). El rendimiento de la fijación libre no es muy bien conocido, pero puede tener un papel importante para mantener en equilibrio un status orgánico deteriorado por los cultivos anuales. Por ejemplo, en rotaciones de cultivos intensivos en Indonesia, se comprobó que los residuos de garbanzos tienen una eficiencia de suministro de nitrógeno superior a la de la urea a lo largo de tres cultivos sucesivos (Sisworo, 1990).

En la Figura 7.3 sólo se mencionan dos salidas importantes por vía gaseosa que son los procesos de volatilización y desnitrificación.



**Figura 7.3** Ciclo del nitrógeno.

## **Volatilización**

La volatilización es un proceso, supuestamente, reservado a los suelos de pH alto que sería nula en los suelos ácidos donde dominaría la nitrificación. En realidad, la volatilización se produce, también, en los suelos ácidos y, más aún, cuando se aporta la urea en banda donde las concentraciones pueden elevarse localmente a más de  $500 \mu\text{g kg}^{-1}$ . En estos casos, las altas concentraciones de amonio pueden no solamente favorecer la volatilización sino también inhibir la nitrificación (Praveen-Kumar, 1998). Además, se demostró claramente en laboratorio, que el factor que más condiciona la volatilización no es el valor del pH sino el poder amortiguador (*buffer*) del suelo para los protones (Ferguson *et al.*, 1984).

## **Desnitrificación**

En lo que concierne la desnitrificación, se debe señalar que su simulación por los modelos no debería basarse exclusivamente en los períodos de saturación hídrica. En efecto, estudios realizados en condiciones bien controladas muestran que los óxidos nitrosos resultan, muchas veces, de una nitrificación desviada de su término normal más que de la reducción de nitratos en anoxia. (De Groot *et al.*, 1994; Stevens *et al.*, 1997). Las contradicciones aparentes entre resultados provienen, a menudo, de actividades biológicas contradictorias en el suelo mismo donde pueden coexistir micro-sitios en los cuales las diferencias de condiciones físico-químicas favorecen procesos teóricamente opuestos (Davidson y Firestone, 1990). Por otra parte, es importante señalar que para todos los tipos de suelos, la desnitrificación es más activa en los períodos de re-humidificación del suelo cuando los azúcares reductores son todavía abundantes en la solución del suelo que al final del ciclo vegetativo cuando están agotados (Groffman y Teidje, 1994). Además, se deben también tomar en cuenta las reacciones de los nitritos con la lignina y el humus. Dichas reacciones provocan otro tipo de desnitrificación que puede ser importante cuando el suelo no se satura durante todo el ciclo de cultivo (Stevenson, 1986).

## **Lixiviación, lavado y escurrimiento**

Las salidas de nitrógeno en solución o suspensión pueden ocurrir de manera generalmente esporádica pero, en algunos casos, pueden ser superiores a la extracción por las cosechas (Lelong *et al.*, 1984). La lixiviación resulta del drenaje de la solución del suelo, a veces cargada de nitratos no absorbidos por las plantas. Estos nitratos, tienen menos probabilidad que el amonio de ser inmovilizados por la acción de algún sitio de intercambio o de una síntesis orgánica del ciclo interno del nitrógeno en el suelo. Según las propiedades del suelo, estos nitratos pueden acumularse dentro de los dos primeros metros del suelo sin, necesariamente, salir definitivamente del perfil (Stevenson, 1986) La magnitud de las pérdidas definitivas casi siempre, será menor en muchos climas tropicales con inter-estación seca que en los climas templados donde la lixiviación es favorecida por la ausencia de vegetación durante los inviernos fríos y lluviosos (Gabrielle y Kengni, 1996). Para evitar o limitar tales pérdidas se han realizado muchas investigaciones, ya sea con la finalidad de detener la formación de nitratos gracias a ciertos inhibidores químicos de la nitrificación, o para frenar la solubilización de los abonos mediante una capa protectora (Solórzano, 1997).

## **Riesgos ligados al consumo de nitratos**

Sería conveniente que los productores y los consumidores sepan el riesgo que representa el consumo de los nitratos para la salud humana y animal. Los niños de menos de tres meses tienen un estómago capaz de reducir los nitratos a nitritos y así alterar la capacidad de transporte del oxígeno de su hemoglobina. Lo mismo puede pasar con el ganado vacuno y caballar que consumen aguas contaminadas por nitratos (Stevenson, 1986). En las zonas de intensificación de las actividades agrícolas, una vigilancia preventiva de la contaminación nítrica de las aguas de pozo por la fertilización nitrogenada es indispensable para prevenir estos riesgos.

## **El ciclo interno del nitrógeno: “Mineralización-Inmovilización Turnover”.**

El llamado ciclo interno del nitrógeno no es más que un juego de transformaciones que hace pasar el elemento desde un estado orgánico a un



estado mineral a través de una serie de reacciones bioquímicas bien conocidas que no detallaremos aquí. Lo que nos importa es considerar la resultante global de todas estas transformaciones resumidas por la sigla MIT (Mineralización-Inmovilización *Turnover*). El concepto de “turnover” es inseparable del desarrollo de la modelización compartimental que no es más que un juego informatizado de ecuaciones traduciendo el análisis sistémico. Este análisis consiste en dividir el sistema estudiado en compartimentos que no son otra cosa que abstracciones cómodas definidas por el volumen del compartimiento y los flujos de entrada y de salida.

En teoría, el concepto de compartimiento debería limitarse a una sola categoría de constituyente pero, en la modelización del sistema suelo-planta, se extiende el concepto de compartimiento a sub-conjuntos de constituyentes que tienen en común una propiedad. Por ejemplo, en el caso de la biomasa microbiana, la propiedad común es la de participar en la respiración del suelo. El concepto de compartimiento se aplica perfectamente al amonio o a los nitratos de manera aislada pero no al conjunto del nitrógeno mineral en solución dado que las dos moléculas tienen un destino bien diferente tanto *vis a vis* de la planta como de los procesos de organización, tal como lo veremos a continuación.

#### *Tiempo de residencia del nitrógeno en la solución del suelo*

La noción de tiempo de vida media a saber el tiempo necesario para que desaparezca la mitad de la cantidad inicial puede ser útil para comparar la estabilidad del nitrógeno mineral en la solución del suelo de varios suelos y cultivos. Pero sería abusar del concepto de compartimiento mas arriba definido que de considerar al nitrógeno mineral en su conjunto. En efecto, el amonio y los nitratos tienen un comportamiento muy diferente en la solución del suelo. El amonio sólo se quedará unas horas o unos pocos días en la solución antes de ser inmovilizado por organización o de salir por volatilización o absorción. Los nitratos pueden quedarse estables varias semanas en solución. Su probabilidad de salir por lixiviación o adsorción es más grande que la de ser organizados o desnitrificados por alguna reacción biológica.

### *La mineralización bruta y neta*

Antes del desarrollo de la modelización, los esfuerzos de los experimentadores se limitaban a realizar evaluaciones del resultado neto de los dos procesos inversos de mineralización y organización (o sea inmovilización en forma orgánica) del nitrógeno al finalizar un lapso determinado de tiempo tal como el día, el mes o el año. El resultado de esta operación aritmética (M-O) debe ser llamada mineralización neta. La primera manera de proponer una evaluación de los flujos de mineralización neta se basa en las mediciones de producción de biomasa vegetal. En ecosistemas en equilibrio, se considera en efecto que todo el nitrógeno absorbido por la biomasa vegetal corresponde a la mineralización neta. Los cálculos son válidos en el caso de la sabana natural (Sarmiento, 1980). En el caso de los cultivos de cacao no fertilizados (Aranguren, 1982) la acumulación de nitrógeno en las partes aéreas da también una idea de la mineralización neta y, algunas hipótesis sencillas (igualdad entre entradas y salidas del sistema) conducen a evaluaciones razonables de los flujos que atraviesan anualmente el sistema suelo-planta.

Otro tipo de aproximación a la mineralización neta se desprende de los resultados de incubaciones destinadas a evaluar el nitrógeno asimilable sin dejar oportunidad al proceso de organización de inmovilizar el nitrógeno mineral recién formado por la actividad microbiana. A partir de la normalización del método de incubación de suelos a inicios de los años 70 (Stanford y Smith, 1972) el concepto de nitrógeno asimilable ha tomado mucha importancia. La ventaja del método propuesto provenía de la sustracción del nitrógeno mineral a medida que se iba formando. En este caso, se evitaba el reciclaje del nitrógeno mineralizado y la mineralización neta representaba una aproximación aceptable del flujo de mineralización bruta del nitrógeno.

Los progresos de la modelización se apoyaron, luego, en el uso del  $^{15}\text{N}$  que da un acceso, casi directo, a la evaluación de los flujos brutos de mineralización e inmovilización por dilución isotópica (Jansson, 1958; Kirkham, 1954). El principio siempre consiste en introducir una pequeña cantidad de trazador en forma amoniacal, el cual se diluye inmediatamente en el amonio de la solución del suelo. De esta dilución instantánea resulta una relación entre trazador y trazado denominado exceso isotópico inicial. Luego, el suelo sigue produciendo nitrógeno amoniacal según su dinámica propia. El exceso isotópico final resulta de la dilución realizada, durante el tiempo

transcurrido entre el muestreo inicial y final. La diferencia entre el exceso inicial y el final permite calcular el flujo de entrada del nitrógeno amoniacal en la solución del suelo cuando la concentración de nitrógeno de la solución varía poco en el tiempo (estado de equilibrio dinámico). En efecto si la concentración queda constante en la solución ello significa que las salidas son equivalentes a las entradas en este compartimento. Por lo tanto, la única causa de la dilución del trazador isotópico en la solución son los flujos de entrada y salida de este compartimento. En el caso del amonio, un notable avance de esta técnica consistió en marcar *in situ*, durante un tiempo corto, un cilindro de suelo por un flujo de gas amoniacado y luego medir la diferencia de exceso isotópico producida por la mineralización bruta (Gaunt, 1998)

Los resultados existentes son muy variables ( $0,5$  a  $5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$  o sea  $1,5$  a  $15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$  sobre la base de  $3000$  toneladas de suelo en la capa arable de los primeros  $25 \text{ cm}$ ) debido a las dificultades experimentales y a la heterogeneidad intrínseca de los suelos (Davidson, 1991). Esta capacidad de suministro del suelo es en general muy superior a las necesidades de la planta ( $1$  a  $3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ). Las evaluaciones de mineralización bruta, realizadas a partir de experimentos aislados e insuficientes (Gaunt, 1998; Reydelle *et al.*, 1997), deben ser confirmadas y consolidadas por mediciones de campo y laboratorio que también podrían realizarse con suelos venezolanos.

#### *La inmovilización bruta y neta*

Los correspondientes flujos de inmovilización por organización bruta son mal conocidos. Dichos flujos son más difícil de medir experimentalmente. Una vía consiste en partir de residuos vegetales marcados cuyo nitrógeno se incorpora paulatinamente a través de la biomasa microbiana (Amato y Ladd, 1980). A partir del nitrógeno mineral se puede, también, medir la inmovilización por organización bruta a condición de poder seguir en el tiempo la evolución de fracciones orgánicas antes que ellas empiecen a re-mineralizarse. Aún cuando se estimó, muchas veces, la inmovilización neta (Kelley y Stevenson, 1985; Ladd *et al.*, 1992; Legg *et al.*, 1971; Stewart *et al.*, 1963), lo que nos importa es saber que la inmovilización por organización no es tan reversible como lo puede ser la mineralización en el sentido de que la probabilidad de re-mineralización de una molécula recién inmovilizada es mucho menor que la de re-organización de un amonio recién mineralizado (Bjarnason, 1988; Blackmer, 1995; Hart *et al.*, 1986; Vanotti *et al.*, 1995). Se

estima, actualmente, que la inmovilización por organización bacteriana no se realiza, exclusivamente, a partir de nitrógeno mineral sino también a partir de moléculas orgánicas simples (Barraclough, 1998).

Mencionaremos, además, la existencia de la inmovilización de N amoniacal inorgánico, en general, poco importante en los suelos tropicales kándicos. Pero los suelos ricos en arcillas 2:1 pueden fijar, de este modo, cantidades importantes que a veces se acercan a la mitad del N total de los horizontes profundos (Stevenson, 1986).

Estas consideraciones generales son suficientes para confirmar el hecho de que la limitación principal de la alimentación nitrogenada de las plantas, no sería tanto un flujo de mineralización bruta insuficiente sino un flujo de inmovilización bruta que compite con las raíces para utilizar el nitrógeno mineral producido (Jokela y Randall, 1997).

#### *Estabilidad del nitrógeno inmovilizado*

Durante un corto periodo, todos los desechos evolucionan al mismo ritmo (Balabane , 1995). Luego, el porvenir del nitrógeno inmovilizado de los desechos se diferencia por el tamaño de agregados (Balabane, 1996). Se demostró así que, en un suelo limoso (Dystric Eutrochrept), el tiempo de renovación de los compuestos nitrogenados fijados por adsorción por las arcillas de los micro-agregados se cuenta en años, y en los macro-agregados sólo en meses. Un resultado tan importante resulta de los mecanismos de construcción sucesiva de los micro-agregados incluidos en los macro-agregados estabilizados por filamentos fúngicos (Cambardella y Elliott, 1994). Sin embargo, estas observaciones no se pueden generalizar sin averiguar su alcance en suelos tropicales. Sería, por ejemplo, muy útil repetir observaciones similares con suelos venezolanos caracterizados por otra mineralogía y otra dinámica de agregación-desagregación.

#### **Papel de las raíces**

Antes de concluir estos comentarios sobre el ciclo del nitrógeno es indispensable volver a insistir sobre el riesgo de limitar el estudio del ciclo del

nitrógeno sólo al sistema suelo-solución sin tomar en cuenta el papel de las raíces. En el campo, las raíces hacen este ciclo más complejo que en las incubaciones de laboratorio, las cuales sirvieron para establecer las ecuaciones fundamentales de los modelos. La totalidad de las raíces absorben nitratos de manera más o menos pasiva (Buisse *et al.*, 1996) pero su parte apical tiene una actividad específica y selectiva para los cationes, entre ellos el amonio (Recous, 1992). Tales efectos merecen ser más estudiados en los suelos tropicales. En efecto, en suelos templados se ha podido demostrar una acción muy positiva de la nutrición nitrogenada amoniacal (favorecida por inhibidores de la nitrificación) sobre la producción de grano (Bock, 1994). Se sabe, también, que algunas plantas, como el arroz, pueden absorber grandes cantidades de amonio sin sufrir efectos de toxicidad. Los arroceros pueden aprovechar esta característica suministrando la urea en tabletas comprimidas o granulados de gran tamaño para reducir la velocidad de disolución y de nitrificación suministrando la cantidad adecuada de amonio a cuatro plantas por granulado adecuadamente ubicado (Savant, 1990). El arroz regula la entrada de amonio por mecanismos internos y evita la toxicidad (Gaudin, 1999).

Por otra parte, la actividad radical apical, también, es biológicamente importante por la exudación de substratos energéticos que inducen el efecto rizosférico (Clarholm, 1985; Darrah, 1991; Zagal *et al.*, 1993). En los suelos de sabana, un tal efecto rizosférico, capaz de activar localmente la mineralización bruta, permite explicar el crecimiento de plantas, cultivadas o espontáneas, en suelos de sabana sin que nunca aparezca nitrógeno mineral en la solución del suelo (Blondel, 1971; Reydellet *et al.*, 1997). Ello no excluye la fijación biológica libre o simbiótica para explicar el equilibrio global del sistema (Sarmiento, 1984).

También, importa mucho la reacción de la planta que selecciona, más o menos eficientemente, el amonio (Runge, 1983) o los nitratos (Ruselle *et al.*, 1983). La inhibición artificial de la nitrificación puede constituir una forma de aumentar la eficiencia de la urea de manera, a veces, espectacular (Vidal, 1985). Sin embargo, las condiciones experimentales descritas no permiten saber si ello se debe a la preferencia de la planta por el nitrógeno amoniacal o si solamente se trata de una limitación de las pérdidas por desnitrificación o por lixiviación

## Conclusiones: importancia de los flujos brutos de nitrógeno

El ciclo del nitrógeno constituye una referencia indispensable para organizar tanto las actividades científicas de la investigación agronómica como las prácticas de fertilización de los suelos.

Hemos examinado primero, en términos muy generales, cómo se producen las entradas y salidas del sistema suelo-planta. El agricultor preocupado de fertilizar sus suelos debe enfocar su atención en estos puntos del ciclo para optimizar las entradas gratuitas que ofrece la fijación libre y simbiótica del nitrógeno atmosférico y evitar salidas inútiles provocadas o intensificadas por intervenciones inadecuadas como es la fertilización excesiva. Para elaborar una estrategia de fertilización eficiente tanto para el futuro del suelo como para la necesidad inmediata de la planta, hemos llegado a la conclusión que es necesario tener un conocimiento detallado de las características de la nutrición nitrogenada de cada planta.

Luego hemos insistido sobre la necesidad de conocer mejor los flujos brutos de mineralización e inmovilización. Más que el tamaño de supuestas reservas, que no importa mucho a la eficiencia del sistema, lo que más interesa al utilizador de los suelos son las características cinéticas de estos flujos. Mientras más activos y rápidos sean los flujos, más oportunidades tendrá la planta de asegurar su nutrición nitrogenada y el suelo de mantener un equilibrio dinámico y propiedades favorables a la permanencia de su fertilidad. Esta visión es diferente a la lógica tradicional basada sobre la noción de “reservas” de nitrógeno asimilable.

En efecto, la fórmula tradicional de la fertilización nitrogenada :

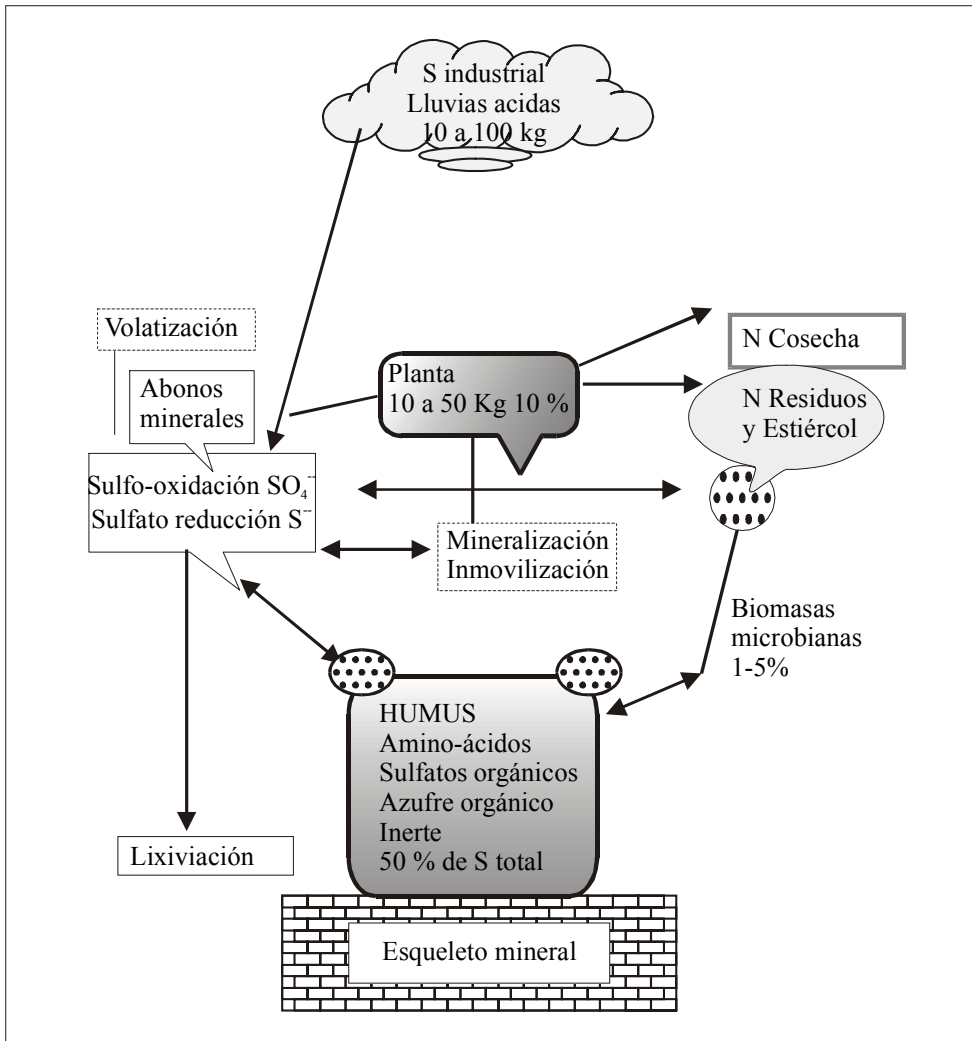
$$N_{fert} = \frac{N_{cultivo} - (N_{min} + N_{res})}{E_f}$$

donde se adiciona el nitrógeno mineralizado ( $N_{min}$ ) durante el cultivo al nitrógeno mineral residual ( $N_{res}$ ) del cultivo anterior, demuestra su carácter arbitrario, aún si se toma en cuenta la eficiencia del fertilizante ( $E_f$ ). Sería mejor evaluar los flujos diarios para ver si se pueden producir episodios de estrés de la alimentación nitrogenada en los momentos críticos donde los flujos de organización bruta logran superar los de la mineralización bruta.

### Ciclo del azufre

Es oportuno recordar, aquí, algunas particularidades del ciclo del azufre (Figura 7.4) que presenta varias semejanzas con el del nitrógeno. Este elemento es indispensable en la vida de las plantas pues, casi todas, contienen metionina y cistina como aminoácidos esenciales así como tiamina (Vit.B1) y biotina conocidos factores de crecimiento.

Figura 7.4 Ciclo del azufre.



Las plantas absorben el azufre como anión sulfato ( $\text{SO}_4^-$ ) para luego incorporarlo al ATP para formar adenosina fosfosulfato y luego cistina, metionina y otros compuestos bioquímicos azufrados que tienen un papel importante en la síntesis de proteína y transporte de electrones (Mengel, 1987). El contenido de azufre de las plantas es variable (0,2 a 2%) lo que provoca extracciones de 10 a 40 kg por hectárea según los cultivos (Stevenson, 1986p. 293). Su absorción implica la mineralización previa del azufre orgánico y la sulfo-oxidación de las formas reducidas ( $\text{S}^-$ ) del azufre del suelo el cual procede de la mineralización del azufre orgánico o de la reducción de los sulfatos. El déficit de azufre en las plantas inhibe la síntesis de proteínas y de azúcares. Dicho déficit es detectable por la relación N/S en los tejidos y los granos y por la acumulación residual de nitratos no utilizados por la síntesis de proteína. (Mengel, 1987). En caso de consumo en exceso, las plantas son capaces de detener la síntesis de formas orgánicas y de acumular sulfatos en sus tejidos.

El contenido de S total en la capa de arado del suelo puede variar de 100 a 1000 kg  $\text{ha}^{-1}$  según los suelos, siendo, en general, en su mayor parte orgánica. La mineralización neta del azufre en el suelo depende de la relación C/S, la cual puede variar de 100 a 300 según el tipo de materia orgánica que se mineraliza. Los procesos del ciclo interno del azufre y del nitrógeno son paralelos. Ellos se acompañan durante las fases de mineralización, nitrificación, desnitrificación y amonificación del nitrógeno y de los episodios de oxidación y reducción que afectan la vida del suelo. Pero, los procesos que afectan el azufre en el suelo son más complejos que los del ciclo del nitrógeno debido a los seis grados de oxidación del azufre y a las diversas bacterias que lo utilizan en conjunto con los nitratos (*Tiobacillus denitrificans*) o el hierro (*Tiobacillus ferroxidans*). La inmovilización del azufre está asegurada, en su mayoría, por la planta que luego restituye el azufre al suelo en forma orgánica.

La sulfato-oxidación en los suelos bien drenados contribuye a la disolución de los fosfatos poco solubles o a la acidificación de los suelos alcalinos. Los sulfatos en la solución de suelo pueden presentar concentraciones altas que sólo son tóxicas en el caso extremo de salinización. En los manglares o suelos hidromórficos ricos en azufre, la reacción de sulfato-oxidación, consecuencia de un drenaje excesivo, puede provocar una acidificación extrema (*Tiobacillus thiooxidans* vive todavía a pH 2) e irreversible esterilizando amplias zonas donde la sulfato-reducción ( $\text{Eh} < 100$



mv) hubiera, normalmente, formado hidróxidos alcalinos para luego dar carbonatos.

Todos los procesos que afectan el azufre son bastante rápidos, lo que explica, en parte, las grandes variaciones que pueden ocurrir en las concentraciones de azufre en la solución del suelo. Los sulfatos en la solución del suelo pueden presentar concentraciones altas que sólo son tóxicas en el caso extremo de salinización. El agotamiento del azufre de los suelos resulta de su lixiviación más que de la extracción por los cultivos. Esta lixiviación ocurre cuando la relación C/S sobrepasa el valor crítico de 400 y se hace más intensa en los suelos arenosos. En suelos tropicales, los hidróxidos de hierro y aluminio tienen la capacidad de detener el anión  $\text{SO}_4^{2-}$  que limita las pérdidas por esta vía.

En conclusión, el ciclo del azufre no provoca dificultades insuperables para las actividades agrícolas en la mayoría de los suelos. Las cantidades existentes en los suelos y fertilizantes comunes son en general suficientes y las pérdidas son relativamente fáciles de controlar o compensar. En el caso particular de los suelos inundables (que son muchos en Venezuela) existe el peligro conocido de la acidificación irreversible provocado por un drenaje inadecuado.

### ***Ciclo del fósforo***

#### **Evolución del conocimiento sobre el fósforo disponible**

En el futuro, las recomendaciones para la fertilización se harán probablemente en el marco de las investigaciones sobre modelización del ciclo del fósforo en el sistema suelo-planta. Por lo tanto, vale la pena analizar una evolución de las ideas, evolución marcada por dos etapas principales.

En la primera, se sostuvo que la solubilización del fósforo resultaba de la composición y estructura de los constituyentes fosfóricos, en su mayoría minerales. En consecuencia, se hizo un esfuerzo de caracterización del fósforo del suelo con relación a su supuesta asociación con el hierro, el aluminio y el calcio (Chang y Jackson, 1957). Luego, se multiplicaron durante más de diez

años las tentativas de aplicación del método propuesto sin que aparezcan relaciones claras entre los resultados del fraccionamiento y la disponibilidad del fósforo para los cultivos.

Esta decepción condujo Larsen a retomar el problema a partir de las características cinéticas de los intercambios entre fase líquida o sea la solución del suelo y la fase sólida o sea el conjunto de todos los constituyentes fosfóricos insolubles tanto orgánicos como minerales (Larsen, 1967). En su síntesis, aún válida en casi todos sus aspectos, Larsen hace énfasis en el uso del principal trazador isotópico ( $^{32}\text{P}$ ), herramienta indispensable para determinar las características cinéticas de estos intercambios evidenciadas por el proceso de dilución isotópica. Se define, así, una categoría de fósforo insoluble llamado lábil por su disposición a participar en intercambios reversibles con el fósforo en solución (intercambios revelados por la sustitución del isótopo natural  $^{31}\text{P}$  por el artificial  $^{32}\text{P}$ ) y, por lo tanto, participar también en la nutrición fosfórica de las plantas con el fósforo soluble.

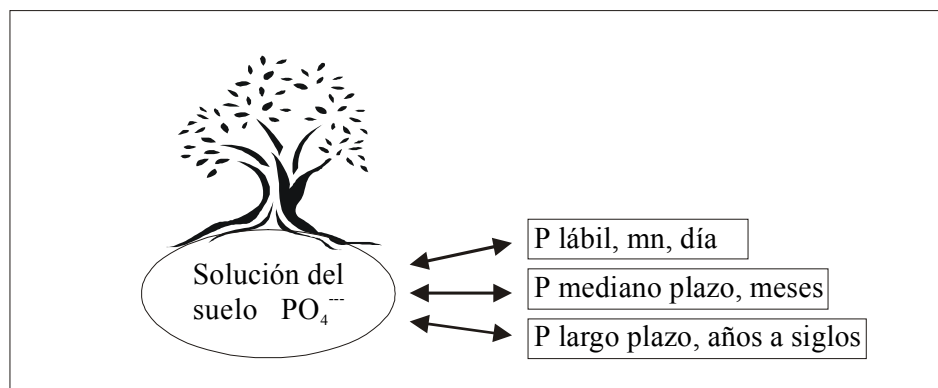
Posteriormente Fardeau confirmó, experimentalmente, la existencia y el tamaño de este compartimiento de fósforo lábil por la re-disolución del trazador previamente fijado (Fardeau y Marini, 1968) demostrando que el valor L de Larsen, obtenido por cultivo de una planta patrón, podía ser previsto fácilmente por la dilución del trazador, en menos de dos horas después de su introducción en una suspensión de suelo en agua (Fardeau y Jappe, 1976). Estos resultados provocaron, durante veinte años, una serie de investigaciones teóricas y prácticas basadas en el uso de la dilución isotópica. Entre los principales resultados obtenidos, es preciso insistir en dos aspectos.

El primero se refiere al tiempo de residencia de un anión fósforo en solución, el cual es inferior a un minuto en los suelos comunes de regiones templadas. Este tiempo de residencia baja a un segundo o fracciones de segundo para los suelos tropicales que tiene un alto contenido de hidróxidos de hierro y aluminio.

El segundo aspecto se refiere al hecho de que la solución del suelo se comunica (más que todo por difusión) no solamente con el compartimiento de fósforo lábil sino también simultáneamente con las otras fases insolubles abundantes en los suelos altamente fijadores de fósforo, suelos frecuentes en zona

tropical. En ambos casos, el anión fósforo termina por insolubilizarse en un sitio de intercambio orgánico o mineral (Figura 7.5).

El tamaño de este compartimiento de fósforo lábil insoluble es muy variable según la composición de los suelos pero, sería un error pensar que este tamaño podría ser cambiado, definitivamente, por aportes masivos de fertilizantes. Por lo tanto, es ilusoria la política de sobre-fertilización destinada a constituir reservas de fósforo asimilable para el futuro.



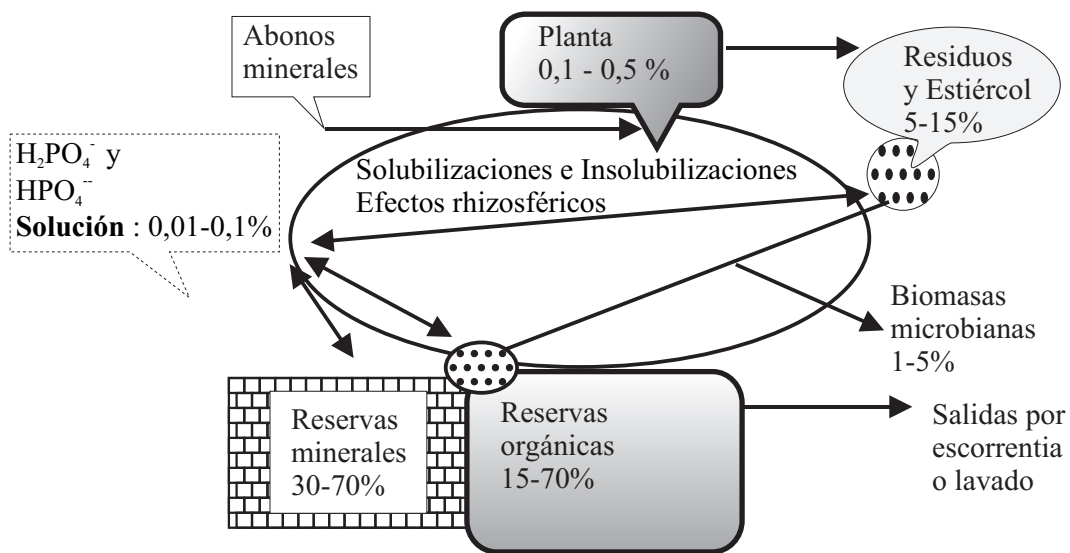
**Figura 7.5** Categorías del fósforo en el suelo (Fardeau, 1993).

Fuera del campo de la dilución isotópica, algunos investigadores han continuado averiguando la validez de métodos físico-químicos para definir la disponibilidad del fósforo para las plantas. La ventaja de estos métodos consiste en la posibilidad de usarlos rutinariamente para el diagnóstico comparativo de fertilidad fosfórica. Los dos métodos más eficientes desde este punto de vista consisten, ya sea en desplazar el fósforo asimilable por ácido carbónico como lo haría una raíz (Método Olsen con bicarbonato diluido), o insolubilizarlo por una banda de papel filtro, previamente impregnada de hidróxido de hierro, simulando lo que pasa en un oxisol donde, en general, no subsiste el fósforo disponible (Guo, 1998). Se pudo demostrar así que la capacidad de la fase insoluble para restablecer la concentración inicial (poder *buffer* del suelo para el fósforo), constituye la mejor manera de apreciar la capacidad del suelo para asegurar la nutrición fosfórica de los cultivos (Morel, 1999). Esto ya había sido propuesto veinte años antes (Dalal, 1977; López - Hernández, 1981), pero, sobre una base más empírica. Estos resultados tienen

estrecha relación estadística con los balances del fósforo y la historia de la fertilización fosfórica lo que constituye una garantía de validez del método (Morel, 1999).

### Descripción del ciclo del fósforo en el suelo

La descripción propuesta (Figura 7.6) corresponde a un suelo que tuviese, teóricamente, un contenido de fósforo total de 10 toneladas por hectárea correspondiente a 10 000 toneladas de suelo repartido en una profundidad que podría variar de 0,5 a 1m según la densidad aparente.



**Figura 7.6** Ciclo del fósforo.

#### *Entrada y solución del suelo*

Esta descripción empieza por la entrada del fertilizante en la solución del suelo que, según los momentos, tendrá un contenido de 1 a 10 kg ha<sup>-1</sup> de

fósforo soluble. Son solubles al pH de los suelos el fosfato biamónico,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  y los superfosfatos, denominación comercial de una mezcla de fosfato monocálcico  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  y de yeso u otros minerales según el solvente (ácido sulfúrico o fosfórico) utilizado para disolver la roca fosfatada. Por otra parte, los fosfatos bicálcico  $\text{Ca}_2(\text{HPO}_4)_2$ , y tricálcico  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  son prácticamente insolubles. El anión  $\text{PO}_4^{3-}$  no es estable por debajo del pH 10 y, en las condiciones del suelo, pasa rápidamente a las formas hidrogenadas que son las que absorbe la planta (sin embargo, se suele todavía utilizar esta formulación  $\text{PO}_4^{3-}$  por tradición).

El contenido de fósforo de la biomasa vegetal es, por definición, muy variable en el tiempo y en el espacio. Como valores extremos podemos recordar que la caña de azúcar logra extraer  $60 \text{ kg P ha}^{-1}$  mientras que un cultivo de maíz o un forraje solo representa una extracción de 10 a  $20 \text{ kg P ha}^{-1}$ .

La primera entrada en el sistema suelo-solución corresponde a la entrada de las formas orgánicas que constituyen más bien el reciclaje del fósforo asimilado por las biomásas vegetales y microbianas. La entrada por un aporte de fertilizante consiste, en gran parte, en aumentar el compartimiento de las reservas minerales insolubles, dado que la mayor parte del fósforo de los fertilizantes se va a insolubilizar rápidamente como lo veremos a continuación. Al final del día del aporte, habrá ya desaparecido de la solución entre 80 y 95% del fósforo. Luego, este fósforo derivado del fertilizante entra en unos ciclos de transformaciones lentas. Una parte de P insolubilizado de manera reversible sigue en equilibrio con la solución (Morel *et al.*, 1994) formando parte del P asimilable. Otra parte queda con una baja probabilidad de pasar otra vez en la solución. Eso se explica porque, en general, solo 10 a 15% del fertilizante será utilizado por las plantas cultivadas en el año del aporte (Morel, 1988). También se explica porque era ilusorio buscar una cantidad de P asimilable estática para un suelo dado cuando, en realidad, esta cantidad cambia con las concentraciones en solución, con el pH, y otras condiciones bioquímicas del suelo.

El ejemplo del fósforo ilustra muy bien el hecho de que las representaciones tales como “reservas de nutrientes” o de “riqueza del suelo”, que son características estáticas, no pueden dar una idea justa de los fenómenos de intercambio que importa evaluar mediante sus características cinéticas (Morel *et al.*, 1994).

### *El fósforo mineral*

El fósforo mineral constituye en general el compartimiento más grande del sistema. En la zona del suelo explorada por las raíces, se encuentran algunas toneladas de fósforo (de 2 a 10 según los suelos y la profundidad considerada), reservas a las cuales se añade la mayor parte de los aportes anuales. Dicho fósforo puede encontrarse fijado sobre los sitios de intercambio de las arcillas e hidróxidos de Fe y Al o en forma de fosfatos cálcicos, férricos, aluminosos o manganésicos, según la composición y el pH del suelo. Ya hemos visto que los esfuerzos de dividir este compartimiento por disolución selectiva no han podido mejorar la interpretación del sistema suelo-planta ni de la eficiencia de los fertilizantes. Sin embargo, es importante conocer los principales constituyentes minerales para poder interpretar los resultados de los métodos de evaluación del fósforo asimilable. Estos conocimientos retomaron importancia con el desarrollo actual del uso de las rocas fosfóricas y por ello, lo mencionaremos en el Apéndice.

### *Biomasa microbiana*

Se mencionó la biomasa microbiana en el ciclo por su indudable papel en la mineralización e inmovilización del fósforo en los suelos. Pero considerar como asimilable todo el contenido de fósforo de la biomasa sería simplificar demasiado el papel de la biomasa microbiana. En efecto, dicha simplificación supone que la muerte de una célula microbiana provoca la liberación automática de su contenido de fósforo en la solución del suelo lo que no es cierto. Además, la relativa estabilidad anual de la población microbiana resulta, en gran parte, de un equilibrio dinámico entre las tasas de reproducción y de predación (Tate, 1987). De hecho, los predadores primarios y secundarios tampoco van a liberar, en la solución, el fósforo absorbido. El contenido de P biomasa (evaluado indirectamente, por la relación C/P de cultivos “*in vitro*”) puede llegar hasta 80 kg ha<sup>-1</sup> en suelos dotados de grandes biomásas microbianas (Anderson, 1980). Estas evaluaciones pueden variar considerablemente al cambiar el reactivo de extracción o por la re-adsorción del fósforo liberado por el método fumigación-extracción (Morel, 1997; Oberson, 1997). En definitiva, son las condiciones físico-químicas las que van a permitir a una parte del fósforo microbiano pasar en solución.

El rol de la actividad microbiana consiste en modificar la magnitud del fósforo isotópicamente diluible y las características cinéticas del intercambio entre fases solubles e insolubles. Esto ha podido ser demostrado, claramente, en los oxisoles de los llanos colombianos (Oberson, 1999) donde la introducción de leguminosas y la activación biológica del suelo fue suficiente para aumentar más de diez veces la extracción de fósforo por el forraje. Sin lugar a dudas, este ejemplo tiene que ser aplicado en los llanos venezolanos.

### *Salidas por escorrentia o lavado*

Aún cuando el fósforo se considera como un elemento inmóvil, se ha observado, a escala de la cuenca, numerosos ejemplos de contaminación ambiental por el fósforo que provoca o participa en el fenómeno de eutrofización de los ríos y lagos. Esta es la razón por la cual es preciso mencionar esta salida en el esquema del ciclo del fósforo.

Este fenómeno, ligado a la intensificación de la producción agrícola, está asociado, por una parte, a las lluvias torrenciales capaces de provocar, en general, salidas de formas insolubles por escorrentía. Puede también resultar del lavado de los suelos de textura muy gruesa. Estos eventos espectaculares no deben hacer olvidar la fuga discreta, pero constante, de formas orgánicas que a lo largo del tiempo no pueden empobrecer mucho los suelos pero si ensuciar ríos y lagos de manera muy significativa (Haygarth, 1999).

### **Efectos rizosféricos**

Los efectos rizosféricos tienen más importancia en el caso del P cuya movilidad en el suelo se reduce en razón de las múltiples oportunidades de insolubilización que encuentra siempre en los suelos.

- El primer efecto resulta de la excreción de protones que a su vez permiten la disolución de los fosfatos cálcicos.
- El segundo consiste en una ampliación local del compartimiento de fósforo isotópicamente diluible el cual realmente alimenta la planta. Estos dos efectos no se acompañan, necesariamente, de una disminución importante del pH debido al poder “*buffer*” o amortiguador del suelo que

consume la mayoría de los protones exudados en la disolución de los fosfatos. Entre las plantas más eficientes para disolver los fosfatos naturales mediante exudación de ácidos cítricos y málicos, se debe señalar el repollo (*Brassica napus* L.) (Hoffland , 1992).

- El tercer efecto estriba en bajar el potencial redox lo que influye sobre el pH y libera el hierro, agente de mayor importancia en la insolubilización del fósforo.
- El cuarto efecto, resulta de la exudación de varios aniones orgánicos y polisacáridos que pueden participar en la formación de complejos órgano-minerales. Pueden exudarse, también, los fitosideróforos que van a facilitar la absorción del fósforo y fosfatasas las cuales van a liberar el fósforo orgánico.

Todos estos efectos han sido descritos en una síntesis reciente (Hinsinger, 1998) y deben ser diferenciados del efecto de las ectomicorrizas que se limitan a explotar una mayor parte del mismo fósforo asimilado por las raíces y no a abrir una reserva no asequible sin ella (Morel, 1994).

Es evidente que todos los efectos de las raíces y de las biomásas microbianas son grandes temas de actualidad para la investigación, más que todo en un país productor de rocas fosfóricas como lo es Venezuela.

## **Conclusiones**

La primera y principal conclusión que se debe sacar de las observaciones hechas sobre el ciclo del fósforo en los suelos, consiste en recordar que el comportamiento de este elemento está, en primer lugar, sometido a las propiedades físico-químicas del medio que impiden al elemento Fósforo permanecer en la solución del suelo en forma aniónica.

Insolubilizado, el fósforo queda en equilibrio dinámico con la solución, a varias escalas de tiempo. Esta retrogradación contribuye a aumentar, principalmente, las reservas minerales, pero también las orgánicas.

Paralelamente, los procesos biológicos incorporan el fósforo en sus síntesis de bio-moléculas, los cuales tendrán una mayor probabilidad que los



minerales de re-alimentar la solución del suelo en el transcurso de los ciclos de cultivo.

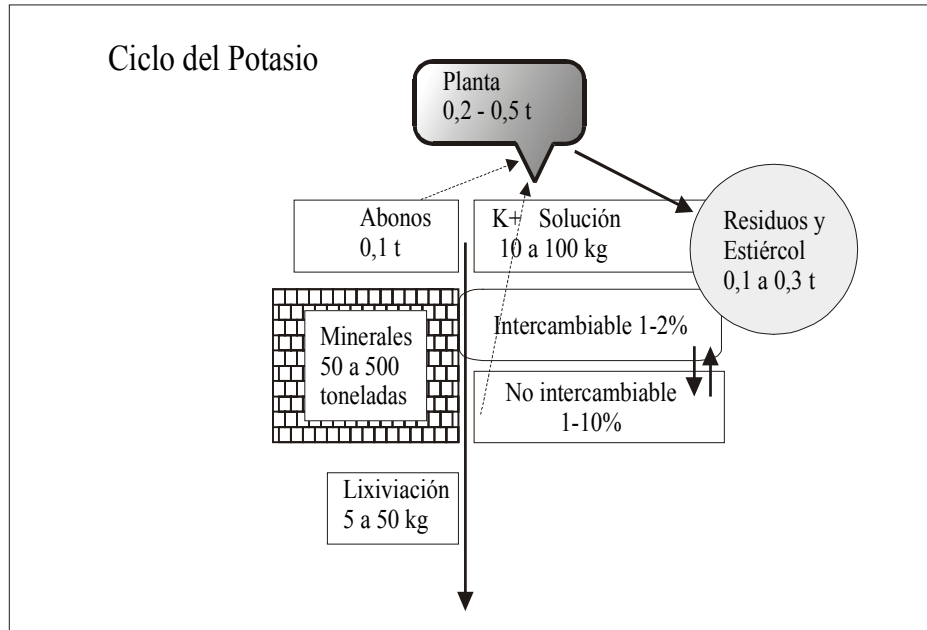
El carácter dinámico de los intercambios rápidos, tanto entre la solución y la fase sólida intercambiable como de la difusión lenta entre constituyentes insoluble, impide que ningún método estático de estimación de "reservas" de fósforo disponible por extracción selectiva, pueda dar informaciones pertinentes. El productor, para fertilizar sus suelos, debe más bien preocuparse de evaluar los flujos actuales y potenciales que pueden contribuir a alimentar la solución del suelo y a través de ella a los cultivos.

Sobre esta base se podrá, más adelante, describir los principales aspectos de la fertilización fosfórica en los llanos venezolanos y algunos de los resultados obtenidos por la investigación realizada sobre los suelos y cultivos de la región

### ***El ciclo del potasio***

El comportamiento de este elemento en el suelo es relativamente sencillo (Figura 7.7) en razón de su alta solubilidad y de su diámetro iónico pequeño (aproximadamente 3 Å) el cual casi no aumenta al hidratarse como es el caso del sodio, del calcio y del magnesio. Además, este elemento no entra en varias y complejas combinaciones con moléculas orgánicas. En la práctica, el potasio asimilable no constituye a menudo un factor limitante a excepción de algunos cultivos altamente consumidores de potasio (papa, musáceas, caña, etc.). Cuando el aporte de KCl es necesario, raras veces provoca complicaciones. En consecuencia, en Venezuela como en el mundo entero, se multiplicaron más los estudios prácticos y técnicos que los científicos.

**Figura 7.7** Ciclo del potasio.



Por su excepcional valor científico, se deben citar los trabajos de Zapata (1988) realizados en Venezuela, en los cuales se encuentran las bases para una renovación completa de la descripción del comportamiento del potasio en los suelos. En particular, estos trabajos permiten diferenciar la importancia respectiva de los movimientos por difusión y por flujo de masa en solución que caracterizan a cada suelo.

### **Descripción del ciclo potasio: planta, residuos vegetales y solución del suelo**

La concentración de potasio en las plantas varía, según los cultivos, entre 2 a 5% de su peso seco o sea, un cultivo de 10 toneladas de materia seca puede tener un contenido de potasio que oscila entre 200 y 500 kg. La mitad de esta cantidad suele ser restituida al suelo si los rastrojos son enterrados o quemados in situ. La concentración del potasio de desechos vegetales así como del estiércol fluctúa alrededor de 2% según las especies y el estado de

descomposición de los desechos de cosecha (Pieri C., 1989). El potasio contenido en los tejidos vegetales es soluble en agua casi en totalidad.

En el esquema del ciclo del potasio no se mencionó la biomasa microbiana, porque el único papel importante que tiene en el ciclo es el de asegurar la descomposición de los desechos de cosecha. Además, no entra en competición con la planta por tener necesidades de potasio muy reducidas. Se pudo calcular, a partir de cultivos puros de micro organismos extraídos de suelos, que el contenido de potasio es muy similar al del fósforo (relaciones K/C 12% P/C 13%) pero se encuentra, en su mayoría, en la parte fúngica de la biomasa. Según el tipo de suelo, estos contenidos de potasio biomasa pueden alcanzar hasta  $70 \text{ kg ha}^{-1}$ . Sin embargo, esta importante cantidad no se puede considerar disponible para los cultivos mientras dicha biomasa permanezca aún viva.

En general, no pueden subsistir altas concentraciones de potasio en la solución ( $5$  a  $10 \text{ mg L}^{-1}$  fuera de los aportes de fertilizante) porque el ión potasio casi siempre se fijará, de manera mas o menos enérgica, sobre o dentro de un folleto de arcilla o de mica donde tiene mayor probabilidad de estabilizarse. Por ello, en la mayoría de los suelos, las pérdidas de potasio son inferiores a las de calcio o incluso a las de magnesio aún en el caso de fertilización potásica. En suelos arenosos de climas templados, estas pérdidas fluctúan, en general, entre  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  a  $50 \text{ kg ha}^{-1}$ . En climas tropicales se producen, más a menudo, pérdidas por escorrentía que por lixiviación debido a la violencia de las precipitaciones y a la presencia de una estación seca entre dos cultivos (Pieri, 1986). En todos los casos, tales pérdidas son inferiores a las provocadas por las cosechas. Solo en casos excepcionales, una parte no despreciable del potasio puede escapar a la retrogradación y salir del sistema por lixiviación. En particular, la concentración de los aportes puntuales efectuados en arboricultura puede provocar pérdidas intensas las cuales pueden llegar hasta  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  en las napas freáticas ubicadas debajo de las plantaciones de cítricos y musáceas (Pieri, 1989).

#### *El potasio intercambiable e interlaminar en las arcillas*

Tradicionalmente, el evaluador de suelos consideraba el  $\text{K}^+$  intercambiable a pH 7 como una aproximación aceptable del  $\text{K}^+$  asimilable. Sin

embargo, se conocía, desde hace tiempo, que las plantas podían asegurar adecuadamente su alimentación potásica aún cuando el  $K^+$  intercambiable fuese muy insuficiente (Steffens, 1986). En tales circunstancias, una gran parte de la nutrición de las plantas está asegurada por el  $K^+$  interlaminar (ubicado entre las capas de los filosilicatos) de las micas, de tamaño de los limos o arena fina y minerales 2:1 (Mengel, 1984; Mengel, 1998). Las plantas actúan por exudación de protones (o su liberación de los ácidos orgánicos radicales o microbianos) que pueden sustituirse al  $K^+$  de los filosilicatos haciéndolo así disponible para la nutrición de la planta. Dicho  $K^+$  interlaminar, no intercambiable, ha sido objeto de muchos estudios dentro del enfoque general del fenómeno de retrogradación, el cual puede ser, mas o menos, activado por las alternancias de humidificación y desecación (Quémener, 1986) Este fenómeno de retrogradación justificaba los aportes repetidos de grandes cantidades de potasio muy superiores a las extracciones efectuadas por las plantas. En realidad, la retrogradación no es tan irreversible y el mismo Quémener ha demostrado, por medio de innumerables experimentos con cultivos de planta patrón en invernadero, que, en cuatro o cinco años sucesivos, alrededor de la mitad del  $K^+$  del fertilizante del primer año es recuperado por los cultivos siguientes. Estos resultados evidencian, además, que los coeficientes reales de utilización, no pueden sobrepasar el 20% (Fardeau, 1984) y que la nutrición potásica está asegurada, en su gran mayoría, por el  $K^+$  derivado del suelo o de fertilizaciones anteriores y no por el fertilizante recién esparcido. Las dificultades técnicas impidieron la multiplicación de experimentos de medición directa de la eficiencia de los abonos potásicos. Tampoco se pudo realizar evaluaciones directas de los flujos brutos de intercambio suelo-solución como en el caso del fósforo.

Sin embargo, es necesario insistir sobre este resultado según el cual 80% del K del abono no está utilizado por la cosecha del año sino que va a aumentar las reservas de los suelos. Este resultado poco conocido evidencia el hecho de que no existe una relación directa y simple entre las necesidades de las plantas, que son grandes, y los aportes de fertilizantes que deben ser organizados en el marco de una gestión de los equilibrios suelo-solución y de balances pluri anuales del suelo cultivado.

Lo único que se sabe es que en presencia de arcillas de tipo 2:1 o de mica, la retrogradación elimina rápidamente el potasio de la solución, lo que no es el caso de las kaolinitas. Un cultivo de cuatro plantas (maíz, arroz, soya,

algodón) realizado en condiciones artificiales que permitió separar un compartimiento rizosférico y varios compartimientos de suelo. El principal resultado muestra que, en este caso, el potasio puede llegar a la planta por flujo de masa en solución mas que por difusión como se piensa generalmente (Hylander, 1999). Tales resultados merecen ser confirmados en suelos tropicales. En efecto, en estos suelos sin poder *buffer* elevado para el potasio, los desequilibrios iónicos, que pueden resultar indirectamente de un abuso de los aportes potásicos o del encalamiento, pueden tener efectos más negativos que un aporte insuficiente.

### **Las reservas minerales**

Antes de terminar la descripción del ciclo del potasio es necesario recordar algunos conocimientos sobre la naturaleza y propiedades de los minerales que constituyen estas reservas.

#### *Los feldespatos*

Son ellos los que tienen el contenido más alto de potasio (alrededor de 14%) lo que no impide que resistan bastante tiempo a los procesos de hidrólisis sufridos por el material inicial, los cuales pueden ocurrir tanto en los ciclos de alteración como en las pedogénesis sucesivas. La liberación del potasio es mucho más fácil cuando el feldespato ha pasado, previamente, a la alteración de la roca por el proceso de "sericitización". Este proceso consiste en sustituir una gran parte del cristal de feldespato por una filita 2:1 de la familia de las micas llamada sericita. En este caso, bastante frecuente, el proceso de liberación del potasio feldespático se parece al de las micas. Sin embargo, es probable que las plantas puedan aprovechar el potasio de los feldespatos no alterados (Sparks, 1986). Esto ocurre, por lo menos, a partir del potasio ubicado en la superficie de los cristales lo que puede explicar la no-respuesta del potasio en ciertos ensayos agronómicos.

#### *Las filitas*

Este término agrupa tanto los filosilicatos primarios como a las arcillas formadas durante los ciclos de pedogénesis.

Los cationes de la solución del suelo, sustituyen al potasio de la filita en proporciones definidas por la concentración y el pH de la solución. Si el pH es inferior a 5 se formarán vermiculitas aluminosas. Para pH superiores a 5, las vermiculitas serán sódicas o calci-magnésicas más o menos interestratificadas. Todo el potasio correspondiente a estos intercambios puede ser aprovechado por las plantas, las cuales desplazan los equilibrios hacia la solución. En caso de exceso de  $K^+$  en solución, las vermiculitas pueden recuperar el potasio y volver a cerrar su estructura previamente abierta por los otros iones más hidratados, salvo en presencia de aluminio interfoliar frecuente en los suelos ácidos.

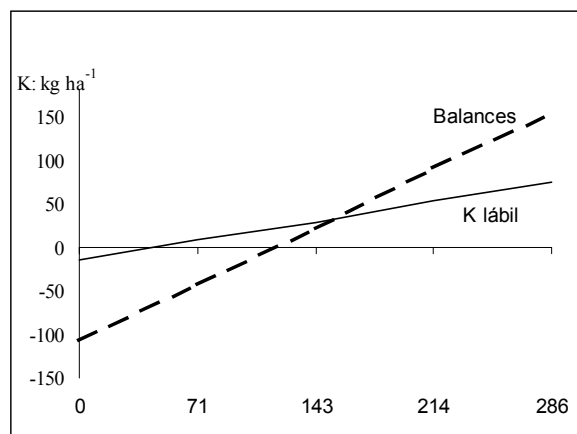
Sabido es que las filitas 1:1 de la familia de la kaolinitas tienen un papel muy diferente por no disponer de un espacio interfoliar que llenar. El intercambio se limita a los escasos sitios de intercambio externos, lo que puede dar lugar a la lixiviación del potasio en solución en caso de precipitaciones abundantes después de una fertilización excesiva.

### **Consecuencias agronómicas**

En su mayoría, los estudios realizados durante las últimas décadas se dirigen a detectar los efectos de su retrogradación en diversos tipos de sitios de insolubilización así como de su balance con los otros cationes o de sus interacciones con el fósforo, pero no a entender los mecanismos de la eficiencia de estos aportes.

La retrogradación del fertilizante se evidencia, cuantitativamente, por la comparación entre balances de entrada y salida del elemento y por la variación de un parámetro sensible como lo es la extracción por lactato de calcio (Köchler, 1984) la cual sirve a definir el K lábil.

En el gráfico de Köchl (Figura 7.8) se puede notar la sensibilidad de las extracciones por lactato de calcio (para los pH debajo de 6) o lactato acetato (para los pH arriba de 6). Estos resultados de K lábil siguen la curva de los balances (Entradas – Salidas) con una pendiente menor.



**Figura 7.8** Variaciones de los balances (ordenadas en kg por hectárea ) versus aportes (eje horizontal kg por hectárea).

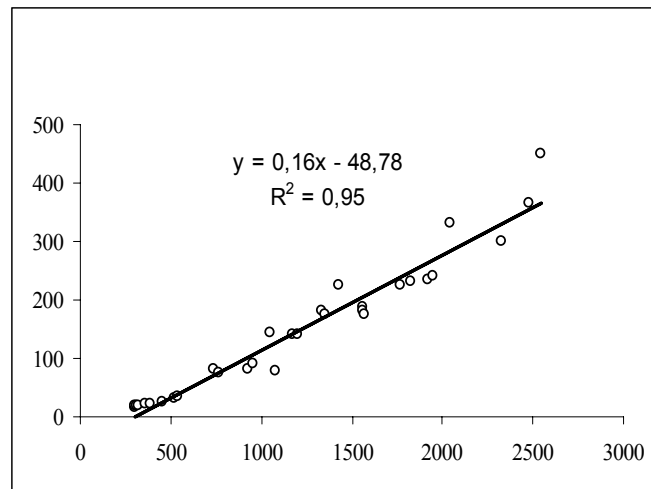
En efecto, en caso de déficit severo (aporte 0) el suelo libera una parte de sus reservas que logran ser extraídas por el reactivo, por lo tanto, compensa una parte del déficit calculado. Al contrario, en caso de exceso de potasio aportado por el fertilizante, la retrogradación hace desaparecer una parte del exceso y esta parte es aparentemente proporcional al exceso de balance.

La diferencia entre las dos curvas corresponde al potasio salido de las reservas del suelo en caso de déficit y a la retrogradación en la parte de balance positivo. Este tipo de curva no es difícil de realizar y el método merece ser probado en los suelos llaneros.

De este tipo de gráfico puede deducirse una recomendación de fertilizante que corresponda a un compromiso entre costo del fertilizante y mantenimiento de la parcela. La intersección de las dos curvas podría constituir una característica pertinente para clasificar los suelos en relación con sus necesidades de potasio tomando en cuenta tanto la fijación de K por el suelo como el K necesario para la nutrición de las plantas. Se ha podido notar que tales curvas reflejan, también, los tratamientos como la restitución de rastrojos que representan, en general, la mayoría del K extraído por las plantas.

En los experimentos de larga duración de Rothamsted (Johnston, 1986) se correlaciona, bastante bien, el K intercambiable extraído por ácido clorhídrico

(0,3M) o acetato de amonio con el K soluble en agua (Figura 7.9). Una correlación tan estrecha puede ser específica de los suelos con arcillas 2:1 y debería ser averiguada en suelos tropicales con kanditas donde el potasio no tiene posibilidad de ocupar posiciones interfoliares. Otro interés del gráfico es el de evidenciar el orden de magnitud de las reservas que, en este caso, superan con creces las necesidades de los cultivos comunes.



**Figura 7.9** Potasio hidrosoluble (eje de ordenadas) versus intercambiable (eje de abscisas, en kg ha<sup>-1</sup>).

Estas relaciones no se pueden considerar como leyes generalizables incluso dentro de los diversos tratamientos realizados en un mismo sitio. Sin embargo, era interesante citar estos ejemplos en la medida que podrían inspirar experimentos con suelos tropicales para producir elementos de interpretación y de previsión del comportamiento del potasio en los suelos llaneros.

## Conclusiones

Se ha podido demostrar que los aportes de potasio a los cultivos tropicales son altamente rentables porque se traducen, casi siempre, en aumentos de producción muy superiores al costo del fertilizante invertido. Por ejemplo, cada kg de K<sub>2</sub>O invertido provoca un suplemento de producción equivalente al precio de 2 a 6 kg de fertilizante según el cultivo y el precio del



fertilizante en el país considerado (Cooke, 1986). Por lo tanto, las investigaciones, relativamente simples, que son necesarias para implementar las recomendaciones adecuadas, también son altamente rentables más que todo en un contexto de intensificación donde las nuevas variedades son consumidoras de potasio para poder sintetizar más almidón (arroz, yuca) o azúcar (caña).

Esta rentabilidad se ve afectada, en América Latina en general y en Venezuela en particular, por la necesidad de importar el fertilizante por no tener suficientes yacimientos de potasio. Además, los grandes exportadores de alimentos (en particular de carne, yuca y musáceas) pueden agotar las reservas naturales de sus suelos que, en general, no se contabilizan en el costo de producción.

Por lo tanto, sin esperar resultados nuevos, se puede concluir que la restitución de rastros, ya justificado por otras razones, se debe recomendar para poder reducir los déficits de potasio.

Luego, de la descripción del ciclo del potasio se puede deducir que los suelos deben ser evaluados tanto desde el punto de vista de la retrogradación del potasio como de su utilización por la planta para mantener un equilibrio favorable entre los diversos cationes en la solución del suelo. Del mismo modo que para el fósforo, la preocupación del agrónomo no debe dirigirse a evaluar una supuesta reserva, que nunca se va a quedar estática y que no tiene el mismo significado para cada cultivo, sino que debe tratar de entender cómo el elemento entra y sale de la solución del suelo para poder tomar decisiones adaptadas a cada situación específica.

### ***Otros ciclos de elementos nutritivos o tóxicos***

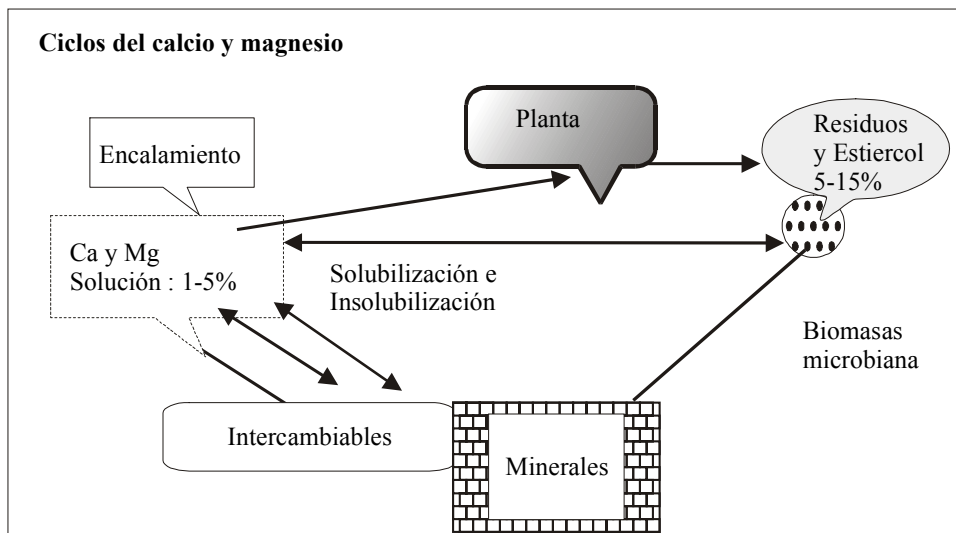
Es necesario conocer las principales características de los compartimentos del ciclo de estos elementos y las circunstancias que pueden justificar una intervención sólo cuando uno de estos elementos logra ser limitante (Ca, Mg, Si) o tóxico como es el caso del aluminio. Las informaciones siguientes han sido extraídas, principalmente, de dos síntesis dedicadas a la nutrición de las plantas (Mengel, 1987) y a los ciclos de los elementos en los suelos (Stevenson, 1986).

## Ciclos del calcio y magnesio

### Descripción del ciclo

A escala de tiempo agronómico, lo que importa en el caso del Calcio y del Magnesio es el paso de las formas intercambiables a las formas solubles (Figura 7.10).

La precipitación de carbonatos sólo interviene cuando las concentraciones son suficientemente altas. La diferencia entre los suelos cálcicos y los suelos carbonatados corresponde a estas condiciones de precipitación de los carbonatos. Aún en los suelos cálcicos, la mayor parte del Calcio total puede estar en forma de minerales primarios como feldespatos.



**Figura 7.10** Ciclos del calcio y magnesio.

Una vez en la solución, ambos elementos van a tener dos papeles esenciales: primero el de alimentar las plantas y segundo el de mantener la estructura del suelo en un estado favorable floculando los coloides arcillosos. El papel de nutrición de las plantas está en general bien asegurado por la casi totalidad de los suelos que siempre tendrán en solución cantidades de calcio y

magnesio suficientes. El segundo papel que es el de mantener una estructura favorable, justifica una gran parte de las necesidades de encalado dado que la estabilidad de la estructura necesita que el 80 % de la CIC sea saturada por Ca y Mg en el caso de las arcillas 2:1, y 20% en el caso de los suelos kandicos (Mengel, 1987). En este último caso, el de los suelos tropicales ácidos, como los de Venezuela, la otra justificación del encalado es el control del pH y de la toxicidad aluminica de la cual se hablará más adelante. En todos los casos, el encalado debe basarse sobre un análisis integral de la fertilización del suelo a mediano plazo tomando en cuenta el poder “*buffer*” o amortiguador del suelo y todas las interacciones que pueden ocurrir en el transcurso del uso agrícola permanente del suelo seguidamente durante varios años o décadas.

### *El magnesio*

Su presencia en el centro de la molécula de clorofila evidencia su papel primordial en las plantas a pesar que el contenido de magnesio de la clorofila no pasa de 15 a 30% del Mg total de la planta (alrededor de 0,2% de la materia seca). El resto sirve para funciones fisiológicas esenciales tales como actividades enzimáticas, síntesis de azúcares y proteínas. Por tener una buena movilidad interna dentro de la planta, el magnesio raras veces es deficiente en cereales. Deficiencias pueden ocurrir con más frecuencia en papas cultivadas sobre suelos que no tengan una proporción suficiente de minerales 2:1. En forraje de producción intensiva, las consecuencias de bajas concentraciones de magnesio pueden ser graves para el ganado sin que el crecimiento vegetal se vea afectado (Mengel, 1987).

La mayoría de las cosechas no tienen un contenido superior a 20kg de magnesio por ha, cantidades que pueden ser fácilmente suministradas por suelos que tengan 0,5 cmol de magnesio intercambiable por kg de suelo (360 kg ha<sup>-1</sup> aproximadamente en la capa de arado). Pero el magnesio está muy afectado por la lixiviación que puede inducir deficiencias en superficie y acumulación en las capas profundas del suelo.

El encalamiento no será siempre eficiente para corregir eventuales deficiencias de magnesio en caso de provocar un desequilibrio del calcio con los otros cationes. Del mismo modo, una deficiencia de magnesio puede ser inducida por un exceso de potasio que resulta de un aporte excesivo de abono potásico. En estos casos, el uso de sulfatos de magnesio no debe ser descartado.

### *El calcio*

El elemento sólo puede ser absorbido en la extremidad de las raíces jóvenes por la parte no suberizada. Luego, el transporte interno dentro de la planta está ligado al flujo de agua y por ende a la transpiración. En consecuencia, no hay translocación de calcio hacia abajo en la planta, lo que obliga a algunas plantas (maní y papa por ejemplo) a encontrar suficiente calcio alrededor de las raíces para poder asegurar su crecimiento normal.

Luego, el calcio se localiza dentro de la planta en las membranas, asegurando su grado de permeabilidad (la cual debe aumentar en el momento de la maduración de las frutas), y en las vacuolas donde se puede acumular en forma cristalizada. No puede aumentarse la concentración de calcio es en el citoplasma, del cual sale constantemente mediante la acción de la calmodulina, molécula activadora de enzima. La acción de la calmodulina está perturbada por la presencia de aluminio, lo que constituye uno de los mecanismos principales de la toxicidad aluminica (Mengel, 1987).

El contenido de calcio de las plantas cultivadas puede variar con relación a varios factores. La primera diferenciación es la ecológica entre plantas calcícolas, que pueden acumular el exceso de Calcio en forma cristalizada en sus vacuolas, y plantas calcífugas que no soportan ningún exceso de calcio en sus tejidos. Luego, las dicotiledóneas suelen tener una concentración global de C de 1 a 2% mientras que en la monocotiledóneas ella nunca pasa del 1%. Por ejemplo, para lograr su desarrollo máximo, el tomate va a necesitar cuarenta veces más calcio en la solución del suelo que el *ray-grass*. En fin, las condiciones edafo-climáticas pueden provocar variaciones de concentración dentro de los límites de tolerancia de una misma planta. En consecuencia, la extracción de calcio puede variar de 5 a 30 kg ha<sup>-1</sup> para cereales (10 toneladas de materia seca) hasta más de 100 kg para la alfalfa o la remolacha.

Frente a estas necesidades, un suelo que sólo tendrá 3 cmol de calcio intercambiable por kg de suelo o sea 100 kmol por hectárea (4 toneladas de calcio) en la capa de arado, siempre tendrá lo suficiente en solución para alimentar los cultivos durante varias décadas de cultivo intensivo. Por la misma razón, el encalado suministra, generalmente, una dosis de calcio suficiente para varios años de cultivo. Cuando surgen problemas de nutrición cálcica, lo que se debe analizar en primer lugar no es la cantidad globalmente

presente en el suelo sino, más bien, su repartición en el perfil con relación a la localización de las extremidades de las raíces capaces de absorberlo. Si estas extremidades están en una zona del suelo donde existe un desequilibrio catiónico (por ejemplo exceso de potasio o de aluminio) ello puede ser suficiente para impedir la entrada del calcio e inducir una deficiencia en la planta. Esta deficiencia no puede ser corregida por un encalado superficial aplicado sin analizar el problema en todos sus aspectos.

### **Ciclos del Hierro, Aluminio y Manganeso**

Se pueden agrupar estos tres elementos en la medida en que ellos son constituyentes mayores de las rocas y de los suelos y que tienen un papel, positivo o negativo, imprescindible para las plantas.

#### *El hierro*

La deficiencia de hierro en las plantas sólo se presenta en suelos muy calcáreos y en plantas incapaces de reducirlo para usarlo en cuanto grupo prostético de las enzimas (catalasas, peroxidasas, citocromo-oxidases). La corrección de estas deficiencias se obtiene fácilmente con adición de quelatos férricos (el EDTA es inestable a  $\text{pH} > 7$  y el EDDA no) que son reducidos en la rizósfera para que el hierro sea finalmente absorbido en forma  $\text{Fe}^{++}$  por la raíz. La principal interacción negativa en medio edáfico ácido y reductor puede ser provocada por el manganeso que, si está en exceso, puede impedir la entrada del hierro, perturbar su función en la planta y provocar algún tipo de clorosis en suelos inundados.

#### *El aluminio*

Se habla muy poco del ciclo del aluminio primero porque son muy escasas las mediciones de este elemento en las plantas. Las plantas que no acumulan este elemento suelen tener 100 a 300 gramos de aluminio por tonelada de peso seco. Por lo tanto, cada cosecha representa una extracción de 1 a 10 kg de aluminio por hectárea lo que es muy insignificante al lado de las 50 a 100 toneladas de aluminio total o de las 0,3 a 1 tonelada de aluminio intercambiable presentes en el primer metro de la mayoría de los suelos. Por otra parte, la casi totalidad del elemento está integrado en minerales insolubles

a la escala del tiempo agronómico. Por lo tanto, la literatura habla, en general solamente, del aluminio intercambiable y de su importancia relativa en la capacidad de intercambio catiónico.

Antes de discutir el significado real del término de aluminio intercambiable, es necesario recordar que la toxicidad aluminica se manifiesta primero por una inhibición del crecimiento radical que compromete el desarrollo ulterior de la planta. Luego, el aluminio que ha logrado penetrar en la planta puede perturbar el funcionamiento de una proteína (calmodulina, más arriba citada en los comentarios del ciclo del calcio) que transporta calcio fuera del citoplasma. Ello también va a paralizar el crecimiento de los tejidos aéreos. Para evitar estos inconvenientes, se debe evitar la presencia de aluminio iónico, o de los bajos polímeros, en la solución del suelo y en la cercanía de las raíces. Estos bajos polímeros (menos de 10 átomos de aluminio) sólo subsisten en soluciones ácidas y desprovistas de aniones capaces de formar complejos minerales (sulfatos o fosfatos por ejemplos) u órgano-minerales (poliácidos orgánicos de todo tipo).

De estas limitaciones fisico-químicas, se desprenden técnicas correctivas destinadas a evitar, a los cultivos, los efectos de la toxicidad aluminica. Para que dichas técnicas sean efectivas, se trató de determinar la cantidad de aluminio cuya toxicidad se debía neutralizar. Por asimilación con los otros cationes, se consideró en los análisis rutinarios de los suelos realizadas durante cincuenta años, que el aluminio valorado en un extracto KCl 1M podía considerarse como el elemento fijado en estado iónico sobre el complejo de intercambio catiónico. El significado real de dichos resultados de aluminio supuestamente intercambiable ha sido, luego, fuertemente cuestionado desde que se ha comprobado, en varias circunstancias, que el reactivo utilizado (KCl 1M) para realizar el intercambio de formas iónicas desplaza también formas polimerizadas no tóxicas. Estos polímeros inorgánicos y los complejos órgano-alumínicos no participan en la toxicidad aluminica. La manera clásica de interpretar los resultados de aluminio “intercambiable” era de reportarlos a la capacidad de intercambio catiónico y de considerar que a partir de 20% de la CIC la toxicidad aluminica podía manifestarse. Según el tipo de suelo, esta norma no daba siempre buenos resultados. Para tomar en cuenta estas diferencias, se introdujo un parámetro empírico en el cálculo de las dosis de enclamiento (Schied, 1983)

$$C (\text{Mg ha}^{-1}) = (f \times \text{aluminio}) + (2 - (\text{calcio} + \text{magnesio}))$$

con f variando de 1 a 3 según el tipo de suelo.

Normas de este tipo pueden ser útiles para organizar un encalado, pero no aportan nada a la comprensión de los fenómenos que realmente ocurren en los suelos.

Al contrario, la diferenciación de las especies químicas del aluminio en solución es muy útil porque, a la vez, conduce a entender mejor los fenómenos y, también, a calcular las dosis necesarias para un encalado racional. Ahora, se simplificaron mucho estos cálculos mediante el uso de programas informatizados que aplican automáticamente las constantes termodinámicas de cada especie lo que permite deducir cual es la parte tóxica dentro del complejo extraído por KCl 1M (Zapata, 1995). El resultado del cálculo da la cantidad de aluminio realmente tóxico, el aluminio asociado con la materia orgánica y, por diferencia, los polímeros inorgánicos. La generalización de estos cálculos mediante programas de tipo Geochem (Fallavier, 1995) permite saber rápidamente, a partir de mediciones sencillas en agua y KCl, si existen, realmente, riesgos de toxicidad aluminica (Millán, 1999).

Una nueva manera de enfocar el problema de la toxicidad aluminica ha sido la de buscar cultivos tolerantes a la toxicidad, en lugar de corregir el suelo, lo que puede ser muy costoso y no siempre eficaz. Entre las plantas naturales del cerrado brasileño, algunas son capaces no solamente de tolerar la presencia del aluminio en el suelo sino, también, de acumular el elemento en sus tejidos hasta representar cantidades geoquímicamente significativas. En efecto, se encontraron altas concentraciones (más de 10 ‰ o sea 10 kg por tonelada de peso seco de hojas) en ocho especies arbustivas de los cerrados (Haridasan, 1982) en lugar de los 0,5 ‰ que se suelen encontrar en la materia vegetal de la selva tropical (Fassbender, 1993) La observación parece interesante y merece ser repetida en el caso de plantas cultivadas para controlar su aptitud no solamente de soportar la presencia del aluminio en la solución del suelo sino también de acumular este elemento en una forma no dañina para su desarrollo. Ella abre igualmente perspectivas positivas para la modificación genética de plantas cultivadas.

## Ciclos de los oligoelementos

Dentro del conjunto de los oligoelementos, algunos son micro-nutrientes indispensables (B, Zn, Cu, Mo y Co) y otros son tóxicos potenciales, aún en pequeña cantidad (As, Ba, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb). Fuera del boro, siempre muy soluble en agua, todos tienen en común ya sea el hecho de ser muy insolubles en las condiciones físico-químicas del suelo o de ser energicamente fijados por adsorción sobre soportes minerales u orgánicos o incluidas en redes cristalinas y, por lo tanto, inmóviles e inasimilables. En consecuencia, solamente pueden ser movilizado en forma de quelatos o de otros complejos órgano-minerales.

### *Micro-nutrientes*

En la materia seca de las plantas cultivadas, los micro-nutrientes presentan concentraciones de 20 a 100 g t<sup>-1</sup> ocasionando, para 10 toneladas de materia seca correspondientes a la cosecha de una hectárea de cultivo aproximadamente, extracciones que casi nunca superan el kg por hectárea. Sin embargo, estas pequeñas cantidades tienen funciones indispensables para la planta como componentes enzimáticos tales como Zn deshidrogenasas, Cu oxidasas, Mo nitrato reductasa (Stevenson, 1986)

Según los suelos, las concentraciones de los micro-nutrientes varían, entre 10 y 100 g t<sup>-1</sup> o sea 3 a 30 kg por hectárea en la sola capa de arado, lo que es suficiente para la mayoría de los cultivos a condición de que la proporción de formas disponible sea correcta.

El Boro representa un caso aparte tanto por su papel mal conocido en las plantas (metabolismo de los carbohidratos y síntesis de paredes celulares) como por su alta solubilidad en forma de ácido bórico no disociado que favorece su lixiviación fuera de los perfiles de suelo. Las formas insolubles que quedan, a veces no pueden suministrar el medio kilogramo de boro que pueden necesitar los cultivos. En estos casos, se aplica una forma de borato de sodio para evitar problemas nutricionales.



Del mismo modo, las sales de zinc solubles pueden ser fácilmente lixiviadas y el suelo puede quedarse con puras formas insolubles que no pueden ser utilizadas por las plantas para extraer el medio kilogramo de Zn que necesitan. El arroz y los cítricos son las plantas que más a menudo pueden sufrir de una deficiencia de Zn. En el caso de los suelos calcáreos, es necesario suministrar un quelato que no será insolubilizado por el pH alto o la presencia de fosfatos.

Al contrario, el Mo, siendo más móvil a pH alto, se hace disponible por enclavado. Las decenas de gramos necesarios para los cultivos se encuentran, por lo general, fácilmente.

Las necesidades de Cu son bajas (5 g por tonelada de materia seca son suficientes) y las formas orgánicas abundantes, por lo tanto los casos de deficiencia no ocurren a menudo. La toxicidad puede ocurrir en caso de contaminación por fungicidas. Tales contaminaciones pueden también provocar clorosis por interacción negativa con el hierro.

El Co no es indispensable para las plantas, pero sí para los animales. Su deficiencia sólo suele ocurrir en suelos arenosos extremadamente pobres en elementos metálicos donde este elemento tendrá una concentración inferior a 5 g por tonelada de suelo.

### *Tóxicos*

La tolerancia de las plantas a los tóxicos es más alta en los pastos que en los cultivos anuales. La contaminación pasa a los animales, el caso más conocido es el del ganado vacuno que pastorea en la orilla de las carreteras donde los pastos están contaminados por el plomo de los combustibles.

Notables cantidades de arsénico puede llegar a los suelos a través de pesticidas o por el gallinazo cuando se adiciona a los suelos, repetidamente, durante muchos años.

El problema de la toxicidad ha cobrado importancia por la necesidad creciente de reciclaje de los lodos de estación de depuración de aguas servidas donde se mezclan residuos industriales y urbanos. Estos lodos pueden presentar concentraciones del orden de varios gramos por toneladas de Pb, Hg, Cr y Cd

para mencionar los más tóxicos. (Stevenson, 1986). Aportes anuales repetidos de estos lodos pueden provocar contaminaciones irreversibles de los suelos que los reciben, de las aguas subyacentes y por supuesto de las plantas que allí se cultiven. Los suelos enriquecidos con lodos deberían reservarse para uso forestal o cultivo de plantas ornamentales.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

La descripción de aspectos relevantes de los ciclos biogeoquímicos de los principales elementos que intervienen en la nutrición mineral de las plantas permite justificar mejor la definición global de la fertilidad que se propuso al inicio del capítulo. Se entiende por fertilidad de un suelo dado su productividad máxima para un cultivo dado.

La intervención a organizar para mejorar el funcionamiento del sistema suelo-planta, debe tomar en cuenta todos los aspectos y las interacciones en su complejidad. La descripción de los ciclos de los principales nutrientes demuestra que la fertilización no puede consistir en aplicar fertilizantes a ciegas ni tampoco un recetario más complejo sin apoyarse sobre un diagnóstico previo y constantemente rectificado con relación a los eventos climáticos y a la historia agrícola de cada parcela. Se puede suponer (o esperar) que, en un futuro cercano, los modelos podrán ayudar a tomar en cuenta esta complejidad y contribuir a diagnosticar mejor los disfuncionamientos y a seguir las evoluciones para asegurarse que la intensificación del uso agrícola no se acompañe de una deterioración de los suelos.

Los conocimientos resumidos en este capítulo constituyen el marco de referencia indispensable para poder evaluar, en la segunda y tercera parte del presente capítulo, los avances realizados en los llanos venezolanos por la investigación nacional e internacional y definir las orientaciones que deben tomar ahora las investigaciones futuras. Esta región de los llanos venezolanos constituye, sin lugar a dudas, la base del futuro agrícola del país y un aporte potencial considerable al conjunto de la producción alimentaria latino-americana.

## BIBLIOGRAFÍA

- Addiscott T.M. (1996). Measuring y modelling nitrogen leaching: parallel problems. *Fertilizer Research* 181: 1-6.
- Addiscott T.M., y Wagenet R.J. (1985). Concepts of solute leaching in soils : a review of modelling approaches. *Journal of Soil Science* 36: 411-424.
- Amato M., y Ladd J.N. (1980). Studies of nitrogen immobilization and mineralization in calcareous soils V. Formation and distribution of isotope-labelled biomass during decomposition of  $^{14}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}$  labelled plant material. *Soil Biol.Biochem.* 12: 405-411.
- Amoozegar-Fard A., Warrick A.W., y Fuller W.H. (1983). A simplified model for solute movement through soils. *Soil Science Society of America Journal.* 47: 1047-1049.
- Anderson J.P.E., Domsch. K. H. (1980). Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. *Soil Science* 130, 211-216.
- Aranguren J., Escalante. G., Herrera R., (1982). Nitrogen cycle of tropical perennial crops under shade trees. *Plant and Soil* 67, 259-269.
- Arora R.P., Schdev. M. S., Sud Y.K.,Luthra V.K., Subbiah B.V., (1980). Fate of fertilizer nitrogen in a multiple corpping system. In "Soil nitrogen as fertilizer or pollutant", pp. 3-22, AIEA.
- Ayarza M., Vilela. L., Rauscher F., (1993). Rotacao de Culturas e pastagens em un solo de cerrado: estudo de caso. In "Cerrados: Fronteira agricola no seculo XXI" (S. B. d. C. d. solo, ed.), pp. 121-122. Goiania-Goias, Goia.
- Balabane M (1996). Turn-over of clay-associated organic nitrogen in the different aggregate-size classes of a cultivated silty loam. *European Journal of Soil Science* 47, 285-291.
- Balabane M., Balesdent. J. (1995). Medium-term transformations of organic N in a cultivated soil. *European Journal of Soil Science* 46, 497-505.

- Barraclough D., Gibbs. P., Macdonald A., (1998). A new soil Nitrogen y Carbon cycle. In "XVI Congrès Mondial de Science du Sol", pp. 7, Montpellier.
- Bjarnason J. (1988). Calculation of gross nitrogen immobilization and mineralization in soil. *Journal of Soil Science* 39, 393-406.
- Blackmer A.M., Green. C. J. (1995). Nitrogen turnover by sequential immobilization and mineralization during residue decomposition in soils. *Soil Science Society of America Journal*. 59, 1052-1058.
- Blondel D. (1971). Rôle de la plante dans l'orientation de la dynamique de l'azote en sol sableux. *Agronomie tropicale* 26, 1362-1371.
- Bock B.R (1994). Leading experiences in relation to an increased efficiency of N fertilizer. In "XV World Congress of Soil Science", Vol. 11, pp. 632-642.
- Bouwmeester R.J.B., Vlek P.L.G., y Stumpe J.M. (1985). Effect of environmental factors on ammonia volatilization from a urea-fertilized soil. *Soil Science Society of America Journal* 49, 376-381.
- Brisson N., Mary. B., Ripoche D., Jeuffroy M.H., Ruget F., Nicoullaud B., Gate P., Devienne-Barret F., Antonioletti R., Durr C., Richard G., Baudoin N., Recous S., Tayot X., Plenet D., Cellier P., Machet J.M., Meynard J.M., Delécolle R., (1998). STICS: a generic model for the simulation of crops y their water y nitrogen balances. I. Theory y parametrization applied to wheat y corn. *Agronomie* 18, 311-346.
- Broadbent F.E (1986). Empirical modeling of soil nitrogen mineralization. *Soil Science* 141, 208-213.
- Buysse J., Smolders E., y Merckx R. (1996). Modelling the uptake of nitrate by a growing plante with an adjustable root nitrate uptake capacity. *Fertilizer Research* 181, 19-23.
- Cabelguenne M., Charpentreau J.L., Jones C.A., Marty J.R., y Rellier J.P. (1986). Conduite des systèmes de grande culture et prévision des rendements: tentative

de modélisation. II Etalonnage du modèle: résultats et perspectives. *C.R.Acad.Agric. Fr.* 2, 125-132 Séance du 29.01.86.

Cambardella C.A, y Elliott E.T (1994). Carbon y nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. *Soil sci. Soc. Am. J.* 58, 123-130.

Carter M.R., y Rennie D.A. (1984). Dynamics of soil microbial biomass N under zero and shallow tillage for spring wheat, using <sup>15</sup>N urea. *Plant y soil* 76, 157-164.

Casanova-Olivo E. (1991). "Introducción a la ciencia del suelo," CDCH Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Chang S.G. y Jackson M.L. (1957). Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science* 84, 133-144.

Chapuis Lardy L. (1997). Réserves et formes du phosphore de sols ferrallitiques sous végétation naturelle des cerrados et sous pâturage (Brésil). Doctorat, Université de Paris VI, Paris.

Clarholm M. (1985). Interactions of bacteria, protozoa, and plants leading to mineralization of soil nitrogen. *Soil Biol. Biochem.* 17, 181-187.

Collins H.P., Rasmussen P.E., y Douglas Jr. C.L. (1992). Crop rotation and residue management effects on soil carbon y microbial dynamics. *Soil Science Society of America Journal* 56, 783-786.

Cooke G.W. (1986). Nutrient balances y the need for potassium in humid tropical regions. In "Nutrient balance and the need for potassium" (I. P. Institute, ed.), pp. 17-35. IPI P.box 121 CH 3048 Worblaufen-Bern, Reims France.

Dalal R.C., Halsworth. E. G. (1977). Measurement of isotopic exchangeable soil phosphorus and interrelationship among parameters of quantity, intensity and capacity factors. *Soil Science Society of America Journal* 41, 81-86.

Darrah P.R. (1991). Models of the rhizosphere. *Plant and Soil* 138, 147-158.

- Davidson E.A., Hart. S. C., Shanks C.A., Firestone M.K., (1991). Measuring gross nitrogen mineralisation immobilization, and nitrification by  $^{15}\text{N}$  isotopic pool dilution in intact soil cores. *Journal of Soil Science* 42, 335-349.
- Davidson E.A., Stark. J. M., y Firestone M.K. (1990). Microbial production and consumption of nitrate in an annual grassland. *Ecology* 71, 1968-1973.
- De Groot C.J., Vermoesen A., y Van Cleemput O. (1994). Laboratory study of the emission of  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CH}_4$  from a calcareous soil. *Soil Science* 158, 355-364.
- de Willigen (1991). Nitrogen turnover in the soil crop system, comparison of fourteen simulation models. *Fertilizer Research* 27, 141-149.
- Delgado R. (1988). Validación de los aspectos balance de agua y nitrógeno del modelo CERES-MAIZ. Tesis M. Sc., Facultad de Agronomía, UCV, Maracay, Venezuela.
- Demeyer P., Hofman G., Van Cleemput O. (1995). Fitting ammonia volatilization dynamics with a logistic equation *Soil Science Society of America Journal* 59, 261-265
- Doran J.W., Parkin. T. B. (1994). Defining and assessing soil quality. In "Defining Soil Quality for a sustainable environment" (S. S. S. of. America, ed.), pp. 3-21. Soil Science Society of America, Madison.
- Doran J.W., Sarrantonio. M., Liebig M.A. (1998). Soil Health and sustainability. *Advance in Agronomy*, 1-54.
- Duxbury J.M., Nkambule. S. V. (1994). Assessment and significance of biologically active soil organic nitrogen. In "Defining Soil Quality for a sustainable environment" (S. S. S. of. America, ed.), pp. 125-146. Soil Science Society of America, Madison.
- Eswaran H., Kimble. J., Cook T., Beinroth F.H., (1992). Soil diversity in the tropics: implication for agricultural development. *SSSA Special Publication* 29, 1-16.

- Fallavier P. (1995). Physico-chimie des sols tropicaux acides. In "Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides" (CIRAD, ed.), pp. 23-39. CIRAD, Seminaire Cirad Ministère de la Coopération.
- Fardeau J.C. (1993). Le phosphore assimilable des sols: sa représentation par un modèle fonctionnel à plusieurs compartiments. *Agronomie* 13, 317-331.
- Fardeau J.C. y Jappe J. (1976). Nouvelle méthode de détermination du phosphore assimilable par les plantes: extrapolation des cinétiques de dilution isotopiques. *C.R. Acad. Sci. Paris* 282 D, 1137-1140.
- Fardeau J.C. y Marini P. (1968). Détermination par échange isotopique en retour, des ions phosphate les plus mobiles du sol. *C.R. Acad. Sci. Paris* 267 D, 427-430.
- Fardeau J.C., Jappé J., Quemener J., (1984). Détermination du coefficient d'utilisation du potassium d'un engrais potassique: emploi de  $^{40}\text{K}$ . *Agronomie* 4, 663-669.
- Fassbender H.W. (1993). "Modelos edafológicos de sistemas agroforestales," Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE/Ed. CATIE-GTZ, Turrialba Costa Rica.
- Feller C. (1993). Organic inputs, soil organic matter and fonctionnal soil organic compartments in low activity clay soils in tropical zones. In "Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture" (K. M. R. Merckx, ed.), pp. 77-88. Wiley-Sayce Co-publication John Wiley and sons Ltd Baffin lane Chichester West Sussex PO19 1UD United Kingdom, Leuven.
- Ferguson R.B., Kissel D.E., Koelliker J.K., y Basel W. (1984). Ammonia volatilization from surface applied Urea: effect of hydrogen ion buffering capacity. *Soil Sci. soc. Am.J.* 48, 578-582.
- Gabrielle B., y Kengni L. (1996). Analisis and field evaluation of the CERES model's soil components: Nitrogen transfer y transformation. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 60, 142-149.
- Gaudin R., D. J. (1999). Ammoniacal nutrition of transplanted rice fertilized with large urea granules. *Agronomy Journal* 91, 33-36.

- Gaunt J.L., Murphy. D., Goulding K.W.T., (1998). Use of  $^{15}\text{N}$  isotopic dilution to separate the processes of mineralisation and immobilisation. In "XVI congrès mondial de Science du Sol", Vol. Symposium 14, pp. 6, Montpellier France.
- Geypens M., y Vandendriessche H. (1996). Advisory systems for nitrogen fertilizer recommendations. *Fertilizer Research* 181, 31-38.
- Goedert W.J. (1986). " Solos dos cerrados. Tecnologias e estrategias de manejo," EMBRAPA/Ed. Livraria NOBEL S.A.
- Golley F.B., Mc Clement. J. T., Clements R.G., Child G.I., Duever M.J., (1978). "Ciclagem de minerais em un esossistema de floresta tropical úmida," EPU-EDUSP Ed. da Univerdidade de Sao Paolo, Sao Paolo.
- Greenland D.J., Wild. A., Adams D., (1992). Organic matter dynamics in soils of the tropics. From myth to complex reality. *SSSA Special publication* 29, 17-24.
- Groffman P.M., y Teidje J.M. (1994). Denitrification hysteresis during wetting and drying cycles in soils. *Soil Science Society of America Journal*. 58,
- Guo F., Russel. S. Y. (1998). Partitionning soil phosphorus into three discrete pools of differing availability. *Soil Science* 163, 822-833.
- Haridasan M. (1982). Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil. *Plant and soil* 65, 265-273.
- Hart P.B.S, Rayner J.H, y Jenkinson D.S (1986). Influence of pool substitution on the interpretation of fertilizer experiments with  $^{15}\text{N}$ . *Journal of Soil Science* 37, 389-403.
- Hassink J (1994). Active organic matter fractions and microbial biomass as predictors of N mineralization. *European Journal of Agronomy*. 3, 257-265.
- Hassink J. (1995). Density fractions of soil macroorganic matter and microbial biomass as predictors of C and N mineralization. *Soil Biol.Biochem*. 27:8, 1099-1108.



- Haygarth P.M., Jarvis. S. C. (1999). Transfer of phosphorus from agricultural soils. *Advances in Agronomy* 63, 195-249.
- Hervé D. (1994). "Respuestas de los componentes de la fertilidad del suelo a la duracion del descanso," p155-169 in *Dinamica del descanso de la tierra en los Andes* (Hervé D. Genin D., Rivière G. Eds) IBTA-ORSTOM, Lima.
- Hinsinger P. (1998). How do plant roots acquire mineral nutrients? Chemical processes involved in the rhizosphere. *Advances in Agronomy* 62, 225-265.
- Hoffland E. (1992). Quantitative evaluation of the role of organic acid exsudation in the mobilization of rock phosphate by rape. *Plant and Soil* 140, 279-289.
- Hylander L.D., Noriharu. A., Hatta T., Sugiyama M., (1999). Exploitation of K rear roots of cotton, maize, upland rice, and soybean grown in an ultisol. *Plant y Soil* 208, 33-41.
- Janssen B.H. (1996). Nitrogen mineralisation in relation to C:N ratio y decomposability of organic materials. *Plant and Soil* 181, 39-45.
- Jansson S.L., ed. (1958). "Tracer studies on nitrogen transformations in soil with special attention to mineralization-Immobilization Relationships," Vol. 24, pp. 1-361. Institute of Soil Management and Fertility.
- Jenkinson D.S., y Rayner J.H. (1977). The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. *Soil Science* 123, 298-305.
- Johnston A.E. (1986). Potassium fertilization to maintain a K-balance under various farming systems. In "Nutrient balance and the need for potassium" (I.P.I., ed.), pp. 199-225. I.P.I. P.O. Box 121 CH 3048 Worblaufen-Bern/Switzerland, ReimsFrance.
- Jokela W.E., y Randall G.W. (1997). Fate of fertilizer nitrogen as affected by Time and rate of application on corn. *Soil Science Society of America Journal* 61, 1695-1703.

- Jordan C, Caskey W, Escalante G, Herrera R, Maontagnini F, Todd R, y Uhl C (1982). The nitrogen cycle in a tierra firme rainforest on oxisol in the Amazon territory of Venezuela. *Plant and Soil* 67, 325-332.
- Jungk A., C. N. (1997). Ion diffusion in the soil-root system. *Advances in Agronomy* 61, 53-110.
- Kang B.T. (1993). Changes in soil chemical properties and crop performance with continuous cropping on an Entisol in the humid tropics. In "Soil organic matter dynamics y sustainability of tropical agriculture" (K. M. R. Merckx, ed.), pp. 297-305. Wiley-Sayce Co-publication John Wiley y sons Ltd Baffin lane Chichester West Sussex PO19 1UD United Kingdom, Leuven.
- Kelley K.R., y Stevenson F.J. (1985). Characterization y extractability of immobilized  $^{15}\text{N}$  from the soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.* 17, 517-523.
- Kirkham D., Bartolomew. W. V. (1954). Equations for following nutrients transformations in soil using tracer data. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 18, 33-34.
- Köchler A. (1984). Potassium balances in a Series of field Experiments. In "Nutrient balance y fertilizer needs in temperate agriculture" (I.P.I., ed.), pp. 177-185. Der Bund Bern Switzerland, Gardone-Riviera Italy.
- Laborem Escalona G., Rangel. L., Espinosa M., (1996). Fertilización eficiente en cítricos. *Fonaiap Divulga XIII*, 26-31.
- Ladd J.M, Oades J.M, y Amato M (1981). Microbial biomass formed from  $^{14}\text{C}$   $^{15}\text{N}$  labelled plant material decomposing in soils in the field. *Soil Biol. Biochem.* 13, 119-126.
- Ladd J.N, Jocteur-Monrozier L, y Amato M (1992). Carbon turn-over and nitrogen transformation in an alfisol and vertisol amended with  $[\text{U}^{14}\text{C}]$  glucose and  $[\text{N}^{15}]$  ammonium sulfate. *Soil Biol. Biochem.* 24, 359-371.
- Lal R. (1984). Soil erosion from tropical arable lands and its control. In "Advances in Agronomy", Vol. 37, pp. 183-248.
- Larsen S. (1967). Soil Phosphorus. *Advances in Agronomy* 19, 151-210.

- Legg J.O., Chichester F.W., Stanford G., y Demar W.H. (1971). Incorporation of  $^{15}\text{N}$  tagged mineral nitrogen into stable forms of soil organic nitrogen. *Soil Sci.Soc.Amer.Proc.* 35, 273-276.
- Lelong F., Roose E., Aubert G., Fauck R., y Pedro G. (1984). Géodynamique actuelle de différents sols à végétation naturelle ou cultivés d'Afrique de l'Ouest. *Catena* 11, 343-376.
- Lima H.N., Silva. M. L. N., Curi N., Santos D., (1993). Susceptibilidade a erosao dos principais solos da region de Manaus. In "Cerrados: Fronteira agricola no seculo XXI", pp. 147-148, Goiania Goias.
- Lima L.A., Silva. M. L. N., Curi N., Marques J.J.G.S.M., (1993). O salpicamiento de latossolos provocados por gotas de chuva. In "Cerrados: Fronteira agricola no seculo XXI", pp. 163-164, Goiania, Goias.
- Loiseau P., Chaussod R., y Delpy R. (1994). Soil microbial biomass and in situ nitrogen mineralization after 20 years of different nitrogen fertilization and forage cropping systems. *Eur. J. Agron.* 3(4), 327-332.
- Lopez Hernandez D., Coronel. I., Alvarez L., (1981). Uso de la isoterma de adsorción para evaluar requerimientos de fosforo. I. Isotermas de adsorción de los suelos. *Turrialba* 31, 169-180.
- Magdoff F., Lanyon. L., Liebhardt B., (1997). Nutrient cycling, transformation y flows: implication for a more sustainable agriculture. *Advance in Agronomy* 60, 1-73.
- Maraux F., Lafolie. F. (1998). Modeling soil water balance of a Maize-Sorghum sequence. *Soil Science Society of America Journal* 62, 75-82.
- Matus F.J., y Rodriguez J. (1989). Modelo simple para estimar el suministro de N en el suelo. *Ciencia e Investigacion agraria* 16 N° 1-2, 33-58.

- McGill W.B., Shields J.A., y Paul E.A. (1975). Relation between carbon and nitrogen turnover in soil organic fractions of microbial origin. *Soil Biol.Biochem.* 7, 57-63.
- Mengel K. (1984). Nutrient availability, Fertilizer Input y agricultural yields. In "Nutrient balance y fertilizer needs in temperate agriculture" (I.P.I., ed.), pp. 349-359. Der Bund Bern Switzerland, Garone-Riviera Italy.
- Mengel K., Kirkby. E. A. (1987). "Principles of plant nutrition," IPI/Ed. International Potash Institute, Bern.
- Mengel K., Rahmatullah., Dou H., (1998). Release of potassium from the silt y sand fraction of loess-derived soils. *Soil Science* 163, 805-812.
- Millán F., Hétier J. M., Moreau R., Pétard J., Burguera M., (1999). Acidification of a cultivated alfisol in Venezuela. *Comun. Soil Sci. Plant anal.* 30, 183-198.
- Molina J.A.E., Cheng H.H., Nicolardot B., Chaussod R., y Houot S. (1994). Biologically active soil organics: a case of double identity,".
- Molina J.A.E., Smith. P. (1998). Modeling carbon and nitrogen processes in soils. *Advances in Agronomy* 62, 253-297.
- Morel C. (1988). Analyse par traçage isotopique, du comportement du phosphore dans les systèmes sol-engrais-plante: conséquences en matière de fertilisation. Doctorat, Aix Marseille III.
- Morel C., Tiessen H., Moir J.O., y Stewart J.W.B. (1994). Phosphorus transformation and availability under cropping y fertilization assesed by isotopic exchange. *Soil Science Society of America Proc.* 58, 1439-1445.
- Morel C., Plenchette. C. (1994). Is the isotopically exchangeable phosphate of a loamy soil the plant-available P? *Plant and soil* 158, 287-297.
- Morel C., Tiessen. H., Stewart W.B., (1997). Correction for P-sorption in the measurement of soil microbial biomass P by  $\text{CHCl}_3$  fumigation. *Soil biol.Biochem.* 28, 1699-1706.

- Morel C., Tunney. H., Plenet D., Pellerin S., (1999). Transfer of phosphate ions between soil and solution. Perspectives in soil testing. *Journal of Environmental Quality*, 29: (1) 50-59.
- Murphy W.E. (1986). Nutrient cycling in different Pasture systems. In "Nutrient balance and the need for potassium" (I. P. Institute, ed.), pp. 227-232. I.P.I. P.box 121 CH 3048 Worblaufen-Bern, Reims France.
- Nimah M.N, y Hanks R.J (1973). Model for estimating soil water, plant and atmosphere interrelations. I. Description and sensivity. *Soil Science Society of America Journal Proc* 37, 522-527.
- Oberson A., Friessen. D. K., Morel C., Tiessen H., (1997). Determination of phosphorus released by chloroform fumigation from microbial biomass in high P sorbing tropical soils. *Soil. biol.biochem* 29, 1579-1583.
- Oberson A., Friessen. D. K., Tiessen H., Morel C., (1999). Phosphorus status and cycling in native savanna and improved pastures on an acid low P colombian oxisol. *Nutrients cycling in Agrosystems* 53, 77-88.
- Omay A.B., Rice. C. W., Maddux L.D., Gordon W.B. (1998). Corn Yield and nitrogen uptake in monoculture and in rotation with soybean. *Soil Science Society of America Journal* 62, 1596-1603.
- Pankhurst C.E., Doube. B. M., Gupta V.V.S.R., (1997). Biological indicators of soil health: synthesis. In "Biological indicators of soil health" (D. B. M. Pankhurst C.E., Gupta V.V.S.R., ed.), pp. 419-435. CSIRO Land and water, Osmond Australia.
- Parton W.J., Sanford. R. L., Sanchez P.A., Stewart J.W.B., (1989). Modeling soil organic matter dynamics in tropical soils. In "Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems" (J. M. O. D.C. Coleman, G. Uehara, ed.), pp. 153-171. Universities of Hawaii and of Georgia, Mauii Hawaii.
- Pieri C. (1989). "Fertilité des terres de savanes," Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT.

- Pieri C., Oliver. R. (1986). Assessment of K losses in tropical cropping systems of francophone Africa and Madagascar. *In* "Nutrient balance y the need for potassium" (I.P.I., ed.), pp. 73-92. I.P.I. PO Box 121 CH 3048 Vorblaufen-Bern Switzerland, Reims France.
- Pla Sentis I. (1994). Soil degradation and climate induced risks of crop production in the tropics. *In* "XV World Congress of Soil Science", Vol. I, pp. 163-188.
- Pla Sentis I. (1995). Labranza, propiedades físicas y producción de maíz en los llanos occidentales. *SVCS n° 46*, 32-42.
- Praveen-Kumar, Aggerval. R. K. (1998). Interdependance of ammonia volatilization and nitrification in arid soils. *Nutrients cycling in agrosystems* 51, 201-207.
- Quemada M., Cabrera. M. L., McCracken D.V., (1997). Nitrogen release from surface-applied covercrop residues: Evaluating the CERES N submodel. *Agron.J.* 89, 723-729.
- Quémener J. (1986). Important factors in potassium balance sheet. *In* "Nutrient balance and the need for potassium" (I.P.I., ed.). I.P.I. P.O. Box 121 CH 3048 Worblaufen-Bern/Switzerland, Reims France.
- Raes D., Alaerts M., Badji M., y Belmans C. Michel P. (1983). Simulation of the field water budget of cropped and non-cropped soils. *Pédologie* 33, 221-235.
- Recous S., Machet. J. M., Mary B., (1992). The partitionning of fertilizer between soil and crop: comparison of ammonium and nitrate applications. Plant uptake and N efficiency. *Plant and Soil* 112, 215-224.
- Reydellet I., Laurent F., Oliver R., Siband P., y Ganry F. (1997). Quantification par la méthode isotopique de l'effet de la rhizosphère sur la minéralisation de l'azote (cas d'un sol ferrugineux tropical). *C.R. Acad.Sci. Paris Science de la Vie* 320, 843-847.
- Rivero de Trinca C. (1993). Evaluación de la materia orgánica nativa e incorporada en tres suelos de importancia agrícola en Venezuela. Tesis Doctoral, UCV, Maracay.393p

- Runge M. (1983). “ Physiology and ecology of nitrogen nutrition,” p163-200 in Responses to the chemical and biological environment O.L. Lange et al. eds. Springer Verlag Berlin.
- Ruselle M.P., Hauck R.D., y Olson R.A. (1983). Nitrogen accumulation rates of irrigated Maize. *Agronomy Journal* 75, 593-598.
- Sanchez P.A., Cheryl. A. P., Szott L.T., Cuevas E., Lal R., (1989). Organic input management in tropical agroecosystems. In “Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems” (J. M. O. D.C. Coleman, G. Uehara, ed.), pp. 125-152. Universities of Hawaii y of Georgia, Maui Hawaii.
- Sanchez P.A., Logan. T. J. (1992). Myths and science about the chemistry y the fertility of soils in the tropics. *SSSA Special Publication* 29, 25-46.
- Sarmiento G. (1980). “Los ecosistemas y la ecosfera,” Editorial Blume S.A. Milanesat 21-23 08017 Barcelona/Ed., Barcelona.
- Sarmiento G. (1984). “The ecology of tropical savannas.,” Harvard University Press Cambridge Massachussets and, London England.
- Savant N.K., S. P. J. (1990). Deep placement of urea supergranules in transplanted rice: principles and practice. *Fertilizer research* 25, 1-83.
- Saxton K.E. (1985). Soil water hydrology : simulation for water balance computations. *IAHS Publication num.148*.
- Schied Lopes A. (1983). “Solos sob "Cerrado" Características, propiedades y manejo,” Instituto da Potassa y Fosfato, Piracicaba.
- Sisworo W. H., Mitrosuhardjo. M. M., Rasjid H., Myers R.J.K., (1990). The relative roles of N fixation, fertilizer, crop residues y soil in supplying N in multiple cropping systems in a humid, tropical upland cropping system. *Plant and Soil* 121, 73-82.
- Smith J.L. (1994). Cycling of Nitrogen through microbial activity. In “Soil biology: effects on soil quality” (J. L. H. B. A. Stewart, ed.), pp. 318. Lewis Publisher, London Tokyo.

- Solórzano P. P.R. (1997). "Fertilidad de los suelos, su manejo en la producción agrícola," UCV Agronomía Apartado 4579 Maracay 2101/Ed. Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela, Maracay.
- Sparks D.L. (1986). Potassium release from sandy soils. *In* "Nutrient balance and the need for potassium" (I.P.I., ed.), pp. 93-105. I.P.I. PO Box 121 CH 3048 Vorblaufen-Bern Switzerland, Reims France.
- Stanford G., y Smith S.J. (1972). Nitrogen mineralization potential of Soils. *Soil Sci Soc. Amer Proc.* 36 465-472
- Steffens D. (1986). Root system and potassium explotation. *In* "Nutrient balance and the need for potassium" (I.P.I., ed.), pp. 107-117. I.P.I. PO Box 121 CH 3048 Vorblaufen-Bern Switzerland, Reims France.
- Stevens R.J., Laughlin R.J., Burns L.C., Arah J.R.M., y Hood R.C. (1997). Measuring the contributions of nitrification y denitrification to the flux of nitrous oxide from soil. *Soil Biol. biochem.* 29,2, 139-151.
- Stevenson F.C., Walley. F. L., van Kessel C., (1998). Direct vs. indirect nitrogen-15 approaches to estimate nitrogen contributions from crop residues. *Soil Sci. Soc. Am.J.* 62, 1327-1334.
- Stevenson F.J. (1986). "Cycles of soil, Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients," John Wiley y Sons Inc., New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Stewart B.A., Porter L.K, y Johnson D.D (1963). Immobilization and Mineralization of Nitrogen in several Organic fractions of Soil. *Soil Sci.Soc.Am.Proc.* 27, 302-304.
- Swift M.J. y Woomeer P. (1993). Organic matter and the sustainability of agricultural systems: definition and measurement. *In* "Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture" (K. M. R.Merckx, ed.), pp. 3-18. Wiley-Sayce Co-publication John Wiley y sons Ltd Baffin lane Chichester West Sussex PO19 IUD United Kingdom, Leuven.



- Tate III R.L. (1987). "Soil organic matter: biological y ecological effects," John Wiley y Sons/Ed., New York.
- Theng B.K.G., Tata. K. R., Sollins P., (1989). Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. *In* "Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems" (J. M. O. D.C. Coleman, G. Uehara, ed.), pp. 5-31. Universities of Hawaii and of Georgia, Maui Hawaii.
- Tiessen H. (1994). The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. *Nature (London, England)* v. 371, 783-785.
- Tinker P.B. (1984). Site-specific yield potentials in relation to fertilizer use. *In* "Nutrient balance y fertilizer needs in temperate agriculture" (I.P.I., ed.), pp. 193-208. Der Bund Bern, Switzerland, Gardone-Riviera Italy.
- Vanotti M.B, Leclerc S.A, y Bundy L.G (1995). Short term effects of nitrogen fertilization on soil organic nitrogen availability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59, 1350-1359.
- Vidal I., Herrera. A., Geldres M., Longeri L., (1985). Efecto de la nitrapirina en la eficiencia de utilización de la urea y rendimiento de avena. *An.Edaf.Agrobiol.*, 1433-1438.
- Witmore A.P., Coleman K.W., Bradbury N.J., y Addiscott T.M. (1991). Simulation of nitrogen in soils y winter wheat crops: modelling nitrogen turn-over through organic matter. *Fertilizer Research* 27, 283-291.
- Woomer P.L. (1993). Modelling soil organic matter dynamics in tropical ecosystems: model adoption, uses y limitations. *In* "Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture" (K. M. R.Merckx, ed.), pp. 279-294. Wiley-Sayce Co-publication John Wiley y sons Ltd Baffin lane Chichester West Sussex PO19 IUD United Kingdom, Leuven.
- Zagal E., Bjarnason S., y Olsson U. (1993). Carbon and nitrogen in the root-zone of barley (*Hordeum vulgare* L.) supplied with nitrogen fertilizer at two rates. *Plant and Soil* 157, 51-63.

Zapata R. (1988). Uso de parámetros termodinámicos y cinéticos para evaluar la disponibilidad del fósforo y del potasio en la capa arable de dos ultisoles. Tesis de Doctorado del Post-Grado de Suelos. UCV Fac.Agron. Maracay 385p

Zapata R. (1995). "Especialización del aluminio extraído con KCl N," Rep. No. 081. CENIAP, Maracay.



---

## FACTORES LIMITANTES DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS LLANEROS

*Jean Marie Hétier*

### INTRODUCCIÓN

Dentro de una visión global de la fertilidad y de la fertilización, es necesario planificar la fertilización sobre la base de una jerarquización de los factores limitantes propia de cada lugar y de cada cultivo.

La selección de resultados obtenidos en los llanos, que expondremos a continuación, ha sido clasificada por naturaleza de factores limitantes lo que, en general, corresponde a las técnicas de estudio o de corrección de los suelos. De los capítulos antecedentes se desprende una idea general de los factores limitantes que encuentran mas a menudo los productores en el momento de cultivar los suelos llaneros. Por ejemplo, ellos van a enfrentarse con escasez o exceso de agua, escasez de nitrógeno, fijación del fósforo, toxicidad alumínica etc.

### DETECCIÓN DE LOS FACTORES LIMITANTES

Antes de enumerar los principales factores limitantes de la fertilidad, es necesario recordar sus principales y mas tradicionales procedimientos de detección.

#### **Comparación con situaciones similares**

Considerando que la situación de los suelos llaneros se parece en muchos aspectos a la de los cerrados brasileños, se podría pensar que bastaría con

aplicar las recomendaciones que los agrónomos brasileños formalizaron hace veinte años atrás (Schied, 1983). En realidad, eso no se puede hacer por dos razones principales. Primero, en este tiempo, todavía estaba vigente la noción de fertilización correctiva como si el suelo tuviera defectos que se pudieran corregir para siempre. Ahora sabemos que esta noción es muy engañosa, en particular en el caso del fósforo, cuyo aporte debe realizarse cerca de la planta en el momento de su crecimiento. Además sabemos también, que la suma de varios factores limitantes no representa la complejidad de las interacciones que caracterizan cada situación concreta. Por ello, muchas tentativas de ahorrarse el análisis de cada sitio y limitarse a la mera transposición de recetas importadas se revelaron, en general, como costosas ilusiones. En la práctica, casi siempre se necesita una investigación preliminar para saber cuál es la serie de limitaciones específicas que se deben superar en un lugar dado y para un cultivo dado.

### **Análisis de suelo**

Muchos de los análisis de suelo realizados en los llanos venezolanos tuvieron como objetivo general la determinación de las limitaciones de la producción y/o de la técnica adecuada para superarlas. Los resultados obtenidos han sido periódicamente sintetizados en recomendaciones de alcance general para servir de guía a los extensionistas (González, 1981). Pero el uso indiscriminado de tales recomendaciones ha, progresivamente, debilitado su validez a medida que aumentaba el deterioro de los suelos que hacía perder eficiencia a los aportes de fertilizantes.

No faltaron advertencias solemnes sobre el carácter aislado e insuficiente de las investigaciones sobre la fertilización de los suelos pobres y la necesaria adaptación de los cultivos (Ramírez, 1982, 1990), advertencias que quedaron sin efecto concreto. El resultado lógico es que los laboratorios de análisis de suelo procesan relativamente pocas muestras (Rodríguez, 1991) y que la mayoría de ellas no viene de los productores sino del sector de la investigación (Díaz, 1997). Sin embargo, la información obtenida pudo ser valorizada mediante estudios de alcance regional constituyendo puntos de partida para recomendaciones generales como la de usar roca fosfórica en los suelos ácidos de los llanos occidentales (Díaz, 1995).

## **Observación del perfil radical**

En la práctica, el deslinde de la influencia de cada uno de los factores limitantes no constituye un paso obligatorio y previo para recomendaciones técnicas en el ámbito regional. Un trabajo reciente, realizado en los llanos occidentales, lo ilustra muy bien. Partiendo del principio que sostiene que el desarrollo radicular constituye el mejor índice para traducir la fertilidad potencial de los suelos, se estableció una relación entre perfiles radicales de maíz y un índice de productividad construido a partir de parámetros físicos (densidad, porosidad, compactación, pedregosidad) o químicos (acidez, toxicidad aluminica) para cada horizonte hasta un metro de profundidad (Delgado, 1997). El alto grado de significación de las correlaciones obtenidas, confiere un buen poder predictivo a las ecuaciones construidas. Un trabajo como este corresponde muy bien a la definición integral de los conceptos de fertilidad y de fertilización mas arriba propuestos. La aplicación de este método permitiría ganar mucho tiempo y seguridad en las recomendaciones prácticas. Los clásicos análisis de suelo vendrían sólo a aclarar algunos aspectos específicos tales como limitación química, desequilibrio catiónico o amenaza de toxicidad aluminica. En el marco de investigaciones dirigidas a la producción de conocimiento en materia de relaciones suelo-planta, estos análisis podrían seguir utilizándose sin interferencia inmediata con el proceso productivo agrícola.

## **Observaciones de las propiedades físicas del suelo**

En los años 80, se realizó en Venezuela un notable esfuerzo de promoción tecnológica (PRODETEC) incluyendo una serie de cursos de actualización de conocimientos. Uno de estos cursos dedicado al manejo y conservación de suelos (Cimegotto, 1987) reunía los conocimientos básicos necesarios para el diagnóstico del estado de los suelos y para el proceso de toma de decisión sobre los métodos más adecuados de preparación de tierras, desde la labranza tradicional hasta la cero labranza.

Algunos ensayos se realizaron luego, especialmente, en los llanos occidentales y centrales, incluyendo mediciones de evaluación de los diversos tipos de arado y de las técnicas de mínima labranza. Estas mediciones corresponden a lo que generalmente se llama propiedades físicas de los suelos: densidad, porosidad, coherencia, penetrabilidad, las cuales han sido objeto de

numerosos trabajos en los llanos venezolanos. En la región de Turén, se logró un alto grado de integración entre datos de laboratorio (densidad, porosidad, coherencia, penetrometría, conductividad hidráulica difusión de oxígeno, etc.) y de campo tales como rendimientos de maíz y ajonjolí. En el año 95, la Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo organizó un taller donde se presentaron los principales resultados obtenidos. Las conclusiones vuelven a insistir sobre los efectos negativos del uso excesivo de la maquinaria y la insuficiencia de los conocimientos generados en zonas demasiado restringidas para poder ser extrapolados. Aún si los estudios realizados son considerados como insuficientes por sus propios autores (Florentino 1989) los resultados obtenidos constituyen una base para definir un proceso de recuperación de terrenos deteriorados en otras partes.

### **Estudios morfológicos y micro morfológicos**

Este tipo de estudios no son tradicionales en Venezuela y menos todavía en los suelos llaneros. Se puede considerar como fundador, un trabajo ejemplar (Rondón 1995) dedicado al estudio de los micro-agregados de dos suelos llaneros muy evolucionados como los ultisoles o suelos vérticos. Basado en una sencilla separación de los agregados por tamizado a seco, el trabajo permite distinguir el papel de los elementos estructurales (dentro de los agregados) y de los elementos enlazantes que los unen y que son: manganeso, sodio, fósforo y carbono. Del conjunto de resultados (Rondón, 1997), se desprende también la idea importante de la coexistencia de dos mecanismos fundamentales de formación de micro agregados. La formación lenta de microagregados estables se opone a la formación rápida de agregados inestables. Muchas otras ideas pueden surgir de este trabajo que constituye el inicio de toda una serie de investigaciones perfectamente realizables en un futuro cercano.

Del mismo modo, con un número limitado de especialistas y un laboratorio equipado de un material simple, se podrían generalizar más las observaciones de perfil cultural y radicular. Al adquirir experiencia en estas observaciones macromorfológicas, los investigadores sentirán la necesidad de prolongarlas hacia estudios micromorfológicos. Se entiende que la micromorfología de los suelos pueda parecer muy académica ante la urgencia de los cambios en las prácticas de los productores. Sin embargo, parece difícil

descartar, a priori y definitivamente, las observaciones micromorfológicas que demostraron ser valiosas en otros países y que constituyen, por lo menos, una herramienta pedagógica muy efectiva para explicar el funcionamiento de los suelos.

### **Escurrimiento superficial, erosión y sellado**

Diversos estudios han sido realizados para remediar los efectos de las lluvias violentas que caracterizan el inicio de la estación de lluvia en los llanos (Cf Capítulo 6). Desde hace tiempo, se conocían los órdenes de magnitud de las pérdidas de tierra correspondientes a los principales tipos de arado. En Chaguaramas (llanos centrales Edo. Guárico) se observaron pérdidas de 3 a 5 toneladas de suelo por hectárea en una sola hora de lluvia fuerte (54 mm), mientras que la misma lluvia provocaba pérdidas un poco mayores a 1 tonelada en los otros tratamientos (Rubín, 1984). Para controlar tales pérdidas es suficiente utilizar barreras vivas de pasto.

Como método de control de la erosión, se comparó también la eficiencia de residuos vegetales y emulsiones asfálticas en bandejas de erosión con simuladores de lluvia (Lobo, 1987). Ambos procedimientos reducen más las pérdidas de suelo que las de agua. A estas últimas, se asocian pérdidas de nutrientes solubles e insolubles más por escorrentía que por percolación. Tales pérdidas llegan a ser considerables por el hecho de que estas lluvias violentas se producen, justamente, en el período de preparación de tierras cuando el suelo está sin vegetación (Casanova, 1991; López, 1993).

### **Desarrollo de la modelización**

Los conocimientos básicos de los balances hídricos han sido integrados desde hace tiempo en modelos de simulación usados en Venezuela. El uso adecuado de tales modelos (cuando pueden basarse sobre datos edafoclimáticos confiables y específicos del sitio estudiado) permitiría ganar mucho tiempo ya sea evitando realizar experimentos de campo inútiles o prepararlos en las mejores condiciones cuando son indispensables. En la región de Turén se pudieron determinar, así, los sitios donde sería necesario drenar y donde sería posible usar la técnica de 0 labranza, sin inhibir la germinación del maíz



por exceso de humedad (Pla, 1995). Sería, ahora, necesario reproducir tales estudios en otras regiones llaneras que también lo ameriten, para evitar los eventuales inconvenientes inducidos por el mal uso de los suelos.

## **INTERVENCIÓN SOBRE LOS FACTORES LIMITANTES**

### **Tipos de labranza**

#### **Fase de preparación de tierra**

Después de más de veinte años de uso intensivo (rotaciones maíz-ajonjolí, girasol o algodón o caña de azúcar permanente), muchos de los suelos de los llanos occidentales fueron afectados por la formación de sellado superficial en los inceptisoles o de pisos de arado en los alfisoles (Lozano, 1995). Se observó una compactación general de los suelos como resultado de un arado demasiado uniforme realizado por discos halados por tractores demasiado pesados. El uso de estas técnicas de preparación de tierra se generalizó como una respuesta a la necesidad de realizar las labores de preparación de tierras en un tiempo, a veces, muy corto. La época favorable se ubica entre dos fechas: la primera definida por una suma de precipitaciones igual a la mitad del ETP y la segunda por la saturación del suelo (Brito, 1983). La necesidad de realizar las siembras en el momento climáticamente más adecuado se apoya, también, en estudios que relacionan la producción con la fecha de siembra y la secuencia climática subsiguiente (Falcón, 1992).

#### **Tipo de labranza y compactación**

Estas prácticas de preparación rápida y uniforme de las tierras han provocado la multiplicación de problemas en particular cuando la capa compactada provocada por la repetición de los pases de rastra se encuentra cerca de la superficie del suelo. Ensayos de invernadero con capas artificialmente compactadas han permitido comprobar que el desarrollo de las raíces de maíz está inhibido o fuertemente perturbado por la compactación superficial del suelo lo que limita significativamente su rendimiento (Román, 1990). El mismo trabajo demuestra también que, al contrario, una capa

compactada en profundidad puede ayudar a detener el drenaje y la lixiviación de nutrientes lo que en el caso de suelos muy permeables puede ayudar el desarrollo del mismo maíz. De todas maneras, estas prácticas de arado uniforme en todos los tipos de suelo son cuestionadas por muchos autores que recomiendan adaptar los métodos de labranza a la gran variabilidad de los terrenos o por lo menos de rotar los sistemas de un año al otro dentro de una misma explotación agrícola (Rodríguez, 1995).

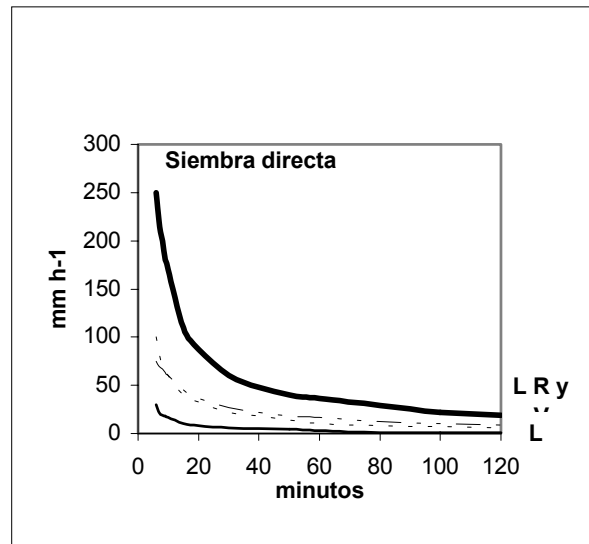
Constatando, también, el efecto negativo producido por la generalización de prácticas demasiado uniforme, Chacón (1995) propone una recomendación muy general para variar, cada año, el tipo de arado usando tractores de menos de 5 toneladas por eje. El mismo autor recomienda agregar, en la medida de lo posible, residuos orgánicos producidos por las centrales azucareras (hasta 100 t de cachaza) (Chacón, 1995). Por acertada que sea, este tipo de recomendación, tiene que ser insertada dentro de un estudio de factibilidad económica y técnica incluyendo una evaluación del costo de los diversos tipos de arado así como del transporte y esparcimiento de los desechos. Además ninguna campaña de divulgación de tales recomendaciones podría tener éxito si no se apoya en ensayos demostrativos del beneficio de la incorporación de cachaza, los cuales tienen que ser pluri-anales.

La primera dificultad encontrada al comparar los efectos de los diversos tipos de labranza consiste en elegir los parámetros pertinentes, a la vez sensibles y fidedignos, para poder dar cuenta de estos efectos. Lo que aparece desde el primer año es que, ni los parámetros edáficos, ni los rendimientos demuestran variaciones significativas en relación a los tipos de labranza (Rivas, 1993).

Como ejemplo de una exitosa combinación de mediciones edáficas y de observaciones y ensayos de campo, podemos citar un trabajo realizado sobre un inceptisol de los llanos occidentales. En dicho trabajo, los parámetros medidos (densidad aparente, porosidad total y de aireación, modulo de ruptura, humedad, resistencia a la penetración e infiltración) sirven para interpretar las observaciones del perfil radicular y el crecimiento y rendimiento de un cultivo de maíz (Jiménez, 1998) en función de cuatro tipos de labranza: la clásica LC, la reducida LR, la vertical LV y la siembra directa.

La medición de velocidad de infiltración es la que mejor diferencia los tratamientos (Figura 8.1). Esta velocidad explica bien que la siembra directa permita lograr altos rendimientos porque favorece la penetración del agua y de las raíces. Tales mediciones, de fácil realización, podrían multiplicarse en diversos tipos de suelo para seleccionar las modalidades de preparación de tierra más adecuadas a los diversos cultivos llaneros. Otros cultivos, como la palma aceitera, también pueden sufrir de la compactación de los suelos (Barrios, 1997). Este problema, muy general en los suelos llaneros, merece varios tipos de estudios para encontrar soluciones generales.

La comparación de los tipos de labranza da, además, oportunidades para replantear problemas clásicos, pero perdidos de vista. Es así que, evaluando la dinámica de los nitratos bajo labranza convencional y 0 labranza, investigadores se dieron cuenta que la pérdida de nitrógeno por lixiviación podría ser reducida por la labranza mínima que puede inhibir la nitrificación (Lozano, 1998).



**Figura 8.1** Evolución de la velocidad de infiltración con el tiempo (Jimenez, 1998)

## **Cero labranza o siembra directa**

La siembra directa es una técnica que conlleva tantos aspectos específicos (manejo de herbicidas, maquinaria especial y hasta semillas especialmente seleccionadas por su adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas correspondientes) que merece unos comentarios especiales.

Desde el final de los años 80, la técnica de mínima labranza ha sido más estudiada que aplicada en Venezuela. Una cierta incertidumbre perdura sobre la eficiencia de este sistema de preparación de tierra y ello se debe a que los experimentos anuales son poco demostrativos, (siempre pueden ocurrir eventos climáticos atípicos) y solo ensayos pluri-anales permiten lograr resultados acertados (Bravo, 1993). Para el maíz por ejemplo, hace falta más de tres años consecutivos para que el rendimiento demuestre un efecto positivo del sistema, salvo algunas notables excepciones (Berrio, 1995). Los parámetros edáficos tales como densidad aparente, concentración de nutrientes son tan erráticos que no permiten concluir claramente a favor de la mínima labranza (Bravo, 1995). El autor de una tentativa de evaluación de la Canavalia como cultivo de cobertura y barbecho mejorado (Pérez, 1993) muestra, también, que debido a la variabilidad de los terrenos, no se puede llegar a conclusiones claras sin realizar estudios plurianuales, aún si se multiplican las mediciones de campo. El uso de parámetros económicos incluyendo la comparación de los costos de producción detalladamente analizados, puede ser más demostrativo que los parámetros edáficos o biológicos. Por ejemplo, si la cero labranza permite una cosecha adicional de pasto de buena calidad que viene adicionarse a la de maíz, se nota una ventaja económica mientras que los parámetros edáficos no varían significativamente (Pérez, 1995). Suprimir el riesgo de resiembra puede ser otra ventaja del sistema de cero labranza que no traduce cifras de rendimiento (Centeno, 1995).

En conclusión, todavía faltan muchos elementos para asimilar los avances realizados en otros países (como Brasil) en materia de uso conservacionista de los suelos mediante la mínima labranza. Sería interesante compartir mejor el trabajo investigativo entre las actividades académicas (tesis de grado y de post-grado) que se adaptan más a ensayos anuales de invernadero o de campo y la investigación institucional que puede llevar a cabo los ensayos

pluri-anales indispensables al estudio de los efectos de los diversos tipos de labranza.

### **Actividades macro y micro-biológicas en el suelo**

Los conocimientos sobre las actividades micro-biológicas de los suelos llaneros provienen en general de complementos de estudios de tipo agronómico. Por ejemplo, la búsqueda de parámetros pertinentes para comparar los efectos de los diversos tipos de labranza condujo a constatar que, ni el carbono microbiano, ni la actividad enzimática (deshidrogenasa), ni los conteos de población bacteriana, de hongos ni de algas diferencian los tipos de arado. (Hernández, 1998). Las únicas diferenciaciones significativas se obtuvieron en relación con variables climáticas, en este caso, con la humedad debida a las precipitaciones.

### **Fijación biológica del nitrógeno**

Si se evita las altas concentraciones de fertilizante, la fijación del nitrógeno podría ser valorizada en las praderas mejoradas, cultivos asociados y rotaciones donde las pérdidas gaseosas podrían ser, así, minimizadas. La racionalización de la fertilización nitrogenada pasa, también, por un mejor conocimiento del rol de la biomasa microbiana (Chaussod, 1992) en la nutrición nitrogenada de los cultivos.

La fijación biológica podría constituir una fuente muy interesante de nitrógeno para mejorar y estabilizar las reservas de los suelos llaneros, siempre y cuando se implementen políticas coherentes y continuas de venta de *Rhizobium* para inocular las semillas de soya (Solórzano, 1997) o favorecer el uso de leguminosas forrajeras. El papel potencial de estas leguminosas ha sido estudiado detalladamente desde hace mucho tiempo en las condiciones edafoclimáticas de los llanos orientales de Colombia muy similares a las de Venezuela. Se ha demostrado que para permitir una buena nodulación de leguminosas es necesario combinar encalado y revestimiento de semilla inoculadas con *Rhizobium* en estos potreros sobre suelos ácidos (Morales, 1972).

Una de las principales conclusiones de un importante trabajo sobre materia orgánica, que volveremos a mencionar más adelante (Rivero, 1993), afirma que sin un contexto de conocimientos microbiológicos y bioquímicos, el estudio aislado de los compuestos orgánicos será de poca utilidad tanto práctica como académica. Esta observación puede servir de conclusión para insistir sobre la necesidad de desarrollar estudios adicionales de los aspectos biológicos y micro-biológicos conjuntamente con los trabajos emprendidos con otras finalidades.

### **Adición y movilización de nutrientes**

Numerosos informes han sido publicados sobre la preparación de los fertilizantes por la industria química. Su distribución se ha visto afectada por las diversas políticas de subsidio que han marcado los 30 últimos años del siglo pasado haciendo, notablemente, variar su rentabilidad económica (Casanova, 1982; Palacios, 1984; Sánchez, 1990).

### **Fertilización nitrogenada**

Hablar de fertilización nitrogenada da la oportunidad de insistir sobre el hecho que la fertilización se debería dirigir al suelo más que a la planta, pese a que las técnicas actuales de fertirrigación hacen a veces más énfasis a las necesidades inmediatas de la planta que a la gestión de las reservas del suelo (Andren *et al.*, 1996).

#### *Características específicas del ciclo del nitrógeno en los llanos*

El ciclo del nitrógeno tiene en los suelos llaneros particularidades comunes a todas las sabanas tropicales estacionales con una sola estación seca. Las altas temperaturas aceleran las reacciones bioquímicas, lo que puede provocar pérdidas gaseosas importantes pero también aumentar la contribución de la fijación libre y simbiótica, aún en períodos cortos.

La presencia de una estación seca entre dos cultivos, constituye también una ventaja comparativa con los agroecosistemas de clima templado, en el sentido de que la lixiviación se detiene entre los cultivos y que la estación seca,

probablemente, permite una recuperación de nitratos por ascensión capilar. La lixiviación de los nitratos se limita a aquellos acumulados durante el verano, a los cuales se agregan los producidos al regreso de las lluvias.

Como aspecto negativo del ciclo del nitrógeno en la región llanera, se debe recordar que estas lluvias iniciales son a menudo violentas lo que puede provocar pérdidas por escorrentía superficial, acentuadas por el sellado superficial en caso de texturas limosas en superficie o de la presencia de un piso de arado.

#### *Eficiencia del fertilizante nitrogenado*

El fertilizante nitrogenado más utilizado en Venezuela es la urea fabricada en gran cantidad en el país. Ella ha sido utilizada en innumerables ensayos destinados más a constatar la eficiencia de la fertilización nitrogenada sobre los rendimientos de varios cultivos que a entender mecanismos implicados en el ciclo del nitrógeno.

Un estudio de la velocidad de hidrólisis de la urea ha permitido no sólo comprobar hechos conocidos como la velocidad de hidrólisis (en una semana el 80 % de la urea ya se ha transformado en amonio), sino también demostrar que la nitrificación puede ser, casi totalmente, inhibida en el caso de suelos importantes como son los suelos de la serie Barinas (Carrillo, 1980). Este efecto inhibitorio se manifiesta más que todo en el caso de concentraciones y temperaturas altas que, justamente, suelen ocurrir cuando se concentra la urea en bandas estrechas. Ello explicaría por qué los coeficientes de utilización son siempre más bajos cuando la urea se inyecta puntualmente en lugar de enterrarse en banda (Hétier *et al.*, 1989).

En los cultivos de arroz que utilizan una notable proporción de la urea consumida en el país, las pérdidas gaseosas pueden ser elevadas de dos maneras:

Si la urea está esparcida superficialmente en el suelo inundado la volatilización implica la pérdida de la mitad del nitrógeno con o sin batido previo del suelo. Si el suelo está inundado y batido después de la incorporación de la urea, la nitrificación se produce pero luego hay pérdidas importantes por desnitrificación.

La única manera de limitar las pérdidas es de aplicar la urea incorporada en arroz de secano pero entonces los rendimientos son bajos (Carrillo, 1988). Estos resultados importantes han sido obtenidos por incubaciones de laboratorio con  $^{15}\text{N}$ . En efecto, las dificultades de muestreo de suelos inundados permiten difícilmente realizar experimentos de campo.

La eficiencia de la fertilización nitrogenada depende, primero, del nitrógeno mineral presente en el suelo al inicio del cultivo, luego del fertilizante aportado y, finalmente, de las reservas orgánicas implicadas en la nutrición nitrogenada a lo largo de los cultivos. En muchas oportunidades, los modelos existentes no simulan, adecuadamente, estos procesos. Por ejemplo, las simulaciones del cultivo de Maíz por el modelo CERES se revelaron inadecuadas para el N mineral en condiciones edafoclimáticas venezolanas (Delgado, 1988). Estas discrepancias se deben, en gran parte, a una sobre evaluación de la nitrificación producida por el modelo, el cual, no toma en cuenta la inhibición de la nitrificación debida a las altas concentraciones de amonio y a las altas temperaturas del suelo (Delgado, 1998).

Además, sería necesario saber en qué medida el fertilizante agregado va a reaccionar en el suelo para inmovilizarse en forma orgánica y luego quedarse disponible para las plantas o perderse por vía gaseosa o por lixiviación. Para ello, es necesario realizar balances plurianuales de fertilizante y compararlos con los balances de nitrógeno total durante los cultivos y de un año al otro. Tales comparaciones obligan a constatar que los déficit de balance, generalmente constatado a nivel del fertilizante, no corresponden, necesariamente, a un empobrecimiento de las reservas nitrogenadas del suelo (Hétier, 1997) y que las pérdidas de fertilizante ocurren, en su mayoría, inmediatamente después del aporte.

### *Rol de la planta*

El comportamiento de la planta frente a las secuencias climáticas, influye de manera determinante sobre su nutrición nitrogenada. En efecto, dichas secuencias inducen importantes variaciones en sus necesidades de nitrógeno. Cuando las reservas hídricas del suelo son limitadas, se debe conocer muy bien el ciclo de la planta que se pretende cultivar para no limitar su crecimiento por estrés hídrico. Se sabe, por ejemplo, que el sorgo es capaz de usar más nitrógeno con menos agua que el maíz (Lemaire, 1996). Ello justificaría la



multiplicación de estudios detallados que toman en cuenta el mayor número posible de parámetros edafoclimáticos (Medina, 1993). Este último autor recuerda que el perfil radicular de la misma variedad de maíz cultivado sobre el mismo suelo, con la misma densidad de siembra y la misma fertilización, cambia fuertemente en caso de desecación de las capas superficiales del suelo con todas las consecuencias que eso trae en el ámbito de la nutrición nitrogenada. Lo mismo puede pasar por efecto de la compactación resultante del arado uniforme producido por tractores pesados (Núñez, 1998).

El rol de la planta no se limita al cultivo principal sino también a las malezas que se desarrollan espontáneamente durante el Inter.-cultivo y que pueden movilizar cantidades considerables de nitrógeno a partir del suelo. En los llanos el Pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) puede tener un papel importante en el reciclado de nutrientes en general y de nitrógeno en particular. En efecto, esta planta puede producir de 10 a 30 toneladas de materia seca aérea en cien días lo que representa una salida de 70 a 200 kg. de nitrógeno en caso de exportación y la mitad en caso de quema in situ. A estas cantidades se debe agregar la producción de biomasa subterránea que también es considerable (8 a 10 toneladas) (Chacón, 1995) y representa unos 100 kg. de N orgánico que va quedarse y decomponerse en el suelo para el beneficio del cultivo siguiente. Estas cantidades obtenidas sin ninguna fertilización pueden además dar indicaciones sobre los flujos potenciales de nitrógeno en procedencia del suelo y de la fijación libre que pueden variar de 0,5 a 1 kg. diario según el momento del cultivo y el estado inicial del suelo.

#### *Contribución del amonio y de los nitratos*

En un medio de bosque seco tropical y con suelos no muy diferentes de los llaneros, se encontró una correlación mucho mejor entre el N amoniacal del suelo y el N absorbido por el pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) que con los nitratos (Pirela, 1997). En el caso del maíz, sería bueno reunir más conocimientos sobre la pretendida preferencia de esta planta por los nitratos. En efecto el amonio, forma de nitrógeno más abundante que los nitratos bajo labranza mínima, permite rendimientos de maíz similares a los obtenidos con arado convencional.

En las arroceras, se comprobó, desde hace más de diez años, la aparición breve de altas cantidades de nitritos en la zona del suelo influenciada por el

efecto oxidante de la rizósfera (Azuaje, 1986) los cuales son, posteriormente, eliminados como nitratos lixiviados. Esta es una de las razones por las cuales, en arroz, la fertilización nitrogenada clásica tiene una eficiencia muy baja, especialmente en el caso de la urea muy afectada, además, por la volatilización (Carrillo, 1989).

No se encontraron informes de ensayos de granulados especiales destinados a mejorar la eficiencia del fertilizante y disminuir la contaminación de las aguas sino un ensayo de mezclar urea con lignina en columnas de suelo incubadas (Hernández, 1992). Esta tentativa fue totalmente negativa en el sentido que ni la mineralización ni la subsecuente nitrificación fue detenida por la presencia de lignina. Sin embargo, el problema sigue vigente y las investigaciones correspondientes quedan por hacerse. Si bien es cierto que el bajo precio de la urea no hace inmediatamente rentables estas investigaciones, ellas se justifican por el impacto ambiental de la sobre fertilización nitrogenada en particular para el arroz.

#### *Conclusiones sobre la fertilización nitrogenada*

La primera preocupación del productor, a la hora de decidir su plan de aporte de abonos nitrogenados, siempre será la de tener éxito en su próximo cultivo, preocupación que constituye su responsabilidad individual y familiar. Le corresponde a la colectividad tomar las respectivas precauciones reglamentarias y financieras para que las decisiones individuales no puedan perjudicar a las comunidades actuales y futuras. Ello debería impedir contaminaciones casi irreversibles de las aguas freáticas como las que ocurrieron en Europa luego de medio siglo de cultivos intensivos realizados en condiciones incontroladas.

#### **Fertilización fosfórica**

En materia de fertilización fosfórica, hemos visto que, en la literatura internacional, existe, actualmente, toda una herramienta teórica suficiente para adecuar los aportes a las necesidades de los cultivos sin provocar gastos inútiles ni desequilibrio en los agro-ecosistemas. Ello no debe hacer olvidar que, en la literatura nacional se encuentran aportes valiosos y originales que constituyen una base sólida para apoyar las recomendaciones de fertilización válidas para la mayoría de los suelos ácidos de los llanos, en los cuales los

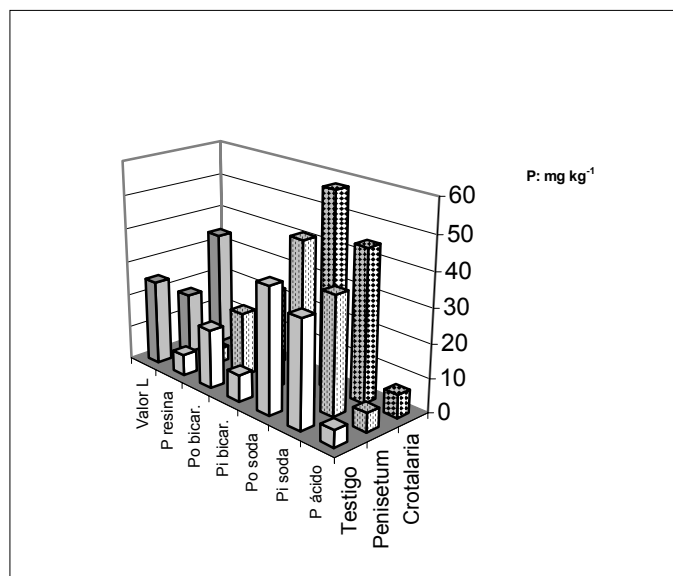
hidróxidos de hierro y aluminio fijan enérgicamente el poco de P que tienen (Casanova, 1991).

#### *Parámetros de la dinámica del fósforo*

Zapata (1988) señala que la correcta aplicación de los cuatro parámetros fundamentales: Cantidad, Intensidad, Capacidad y Velocidad, es suficiente para entender y prever el comportamiento de los abonos fosfóricos en los suelos. El citado autor explica que el fósforo, si bien se insolubiliza inmediatamente al entrar en contacto con la mayoría de los constituyentes del suelo, sigue luego alimentando la solución, sencillamente, porque la velocidad de liberación es más grande que la difusión. Resta por aplicar estos principios generales a situaciones particulares, lo que no será siempre fácil, pero, por lo menos, existe en una investigación realizada en Venezuela la orientación teórica necesaria.

#### *Papel de la materia orgánica*

Se comprobó que, aún cuando la materia orgánica sea muy escasa en los suelos ácidos de los llanos, ella puede jugar un papel primordial en la disponibilidad del P para los cultivos (Figura 8.2). En el mismo suelo, se midió el valor L por dilución isotópica y la repartición del elemento en seis fracciones orgánicas e inorgánicas, obtenidas por acción de una resina aniónica, del bicarbonato y de la soda (en cuales extractos de separaron una sub-fracción orgánica e inorgánica) y una fracción ligada a los carbonatos liberada por extracción clorhídrica después de agregar varios residuos orgánicos (Salas, 1997).



**Figura 8.2** Efecto de residuos orgánicos sobre la disponibilidad de fósforo (Salas *et al.*, 1997)

El primer resultado es que la cantidad de P disponible, medida por dilución isotópica, es poco diferente de la suma P resina + P orgánico medido en el bicarbonato. El segundo resultado, tal vez más importante todavía, demuestra que la calidad del residuo orgánico es más importante que la cantidad. La adición de crotalaria aumenta el P disponible mientras que, la misma cantidad de pennisetum la disminuye. El tercer resultado, de este importante trabajo, consiste en constatar que existen grandes cantidades de P, tanto inorgánico como orgánico que pueden ser extraídas por la soda sin relación con el P asimilable. De la naturaleza bioquímica de esta categoría de fósforo, ya abundante en el suelo no enriquecido con residuo, no se sabe casi nada, ni tampoco de su probabilidad de poder ser algún día asimilable.

Sería interesante repetir este tipo de experimentos con los principales suelos y residuos disponibles en los llanos comparándolos con la eficiencia de los abonos fosfóricos. Ello facilitaría la elaboración de una política completa de fertilización fosfórica.

### *Uso de los fosfatos naturales*

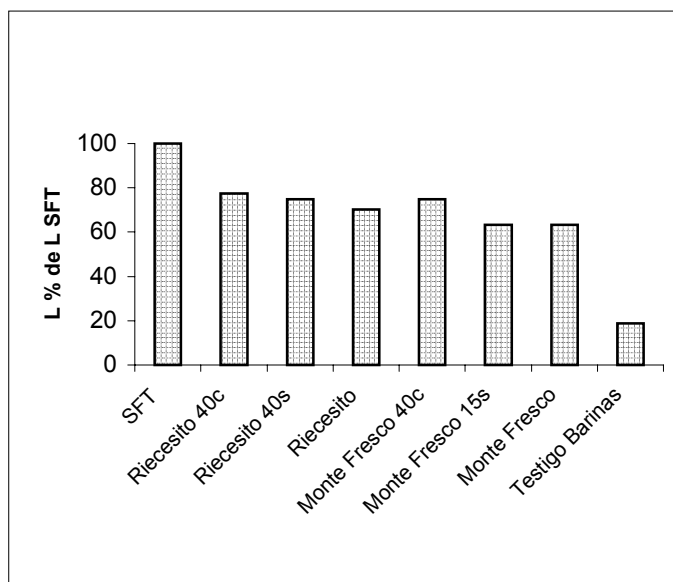
Desde hace veinte años, el tema de la fertilización fosfórica ha tomado en Venezuela un rumbo específico debido a la intensificación de la explotación de los yacimientos de fosfatos naturales.

Se realizaron en los llanos occidentales tentativas de fertilización de las plantaciones de teca con rocas fosfóricas con resultados promisorios en las fases iniciales de crecimiento (Torres, 1993). De esta manera, se podrían valorizar las rocas fosfóricas de baja solubilidad que no dan resultado inmediatos en los cultivos anuales.

Dada la baja eficiencia fertilizante de la roca en los cultivos anuales se realizaron, al igual que en Brasil al final de los años 70 (Schied, 1983), ensayos de acidificación parcial de la roca para poder suministrar a los productores un producto más soluble (Fayard, 1990). Una vez establecidas las normas de acidificación, se pudo comparar la eficiencia de estas rocas fosfóricas con el superfosfato triple tomado como referencia.

Es así que un ensayo de invernadero con planta patrón (*Agrostis comunis*) cultivado en tres suelos, incluyendo el alfisol de Barinas, permitió demostrar que la eficiencia del fosfato natural acidificado puede ser a veces muy similar a la del superfosfato (Pérez, 1995) aportado a razón de 100 mg kg<sup>-1</sup> de P, igual que las otras formas (Figura 8.3). Los valores de fósforo isotópicamente diluible (valores L de Larsen) en el suelo Barinas, varían desde 20 mg kg<sup>-1</sup> en el testigo no fertilizado hasta alrededor de 150 en el suelo fertilizado. En el gráfico, sólo figuran los valores relativos para facilitar la lectura. En el mismo trabajo se demuestra, también, que la roca fosfórica de Monte Fresco, por su alto contenido de calcita, no se presta para ser una materia prima rentable en la fabricación de superfosfato lo que no es el caso de la roca de Riecito. Sería mejor utilizar la roca fosfórica de Monte Fresco para la fertilización directa ya que la acidificación no mejora sustancialmente su eficiencia que, sin haber sufrido procesamiento ninguno, alcanza el 70% de la del superfosfato triple. Además existe un ensayo anterior que había permitido demostrar que una simple adición de azufre a la roca Monte Fresco es suficiente para que su fósforo sea asimilable por el maíz ya sea por disolución química ya sea por interacciones más complejas donde el azufre y el calcio

agregado estimule suficientemente el crecimiento de la planta para que ella sea capaz de utilizar mejor la roca fosfórica (Delvalle, 1993).



**Figura 8.3** Comparación de la eficiencia de los fosfatos naturales mediante el valor L de dilución isotópica (Pérez et al., 1995).

La roca Riecito, natural o acidificada, ha sido utilizada para calibrar los métodos de evaluación de los factores: Cantidad (valor  $E_1$  de dilución isotópica después de 1 minuto y extracción Bray1), Intensidad (concentración en solución), Capacidad (pendiente de la curva de adsorción). Ello se realizó después de 60 días de incubación de un ultisol del Estado Cojedes en presencia de una cantidad de roca correspondiente a un aporte de P de  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  (Salas, 1997). La incubación hace subir el valor E (de  $0,4$  a  $0,9 \text{ mg kg}^{-1}$ ) del testigo no enriquecido pero en presencia de roca natural, este valor pasa a 3 y a 6 en la roca acidificada. Por diferencia con el testigo, se estima a 70 y 85% respectivamente las proporciones del P derivado del fertilizante en la solución del suelo. Si la roca se acidificada a 60% en lugar de 40%, el aluminio provoca la insolubilización de P lo que limita el aporte a las formas asimilables a corto plazo. Existen fuertes correlaciones entre el poder de retención ( $^{32}\text{P}$  residual en

solución /  $^{32}\text{P}$  introducido) y la concentración en solución, el P Bray<sub>1</sub> y los valores E<sub>1</sub>.

Faltaría, además, averiguar si el procedimiento de acidificación parcial utilizado evita el inconveniente (señalado en “Phosphate Rocks for direct application to soils” Rajan, 1996) que consiste en formar una capa de yeso bastante insoluble alrededor de la partícula de fosfato que se pretende solubilizar.

### *Factores de disolución del fósforo*

Se deben mencionar, también, algunas tentativas originales de medición de factores edáficos sobre la disolución de fósforo que resultan de la reducción de los hidróxidos de hierro en los suelos inundados (Chacón, 1995). Los efectos rizosféricos del sorgo han sido estudiados recientemente, demostrando que ésta planta puede desarrollar su actividad de fosfatasa ácida para incrementar su absorción en suelos deficientes (López, 1997). En el mismo estudio, el autor constata que el efecto del encalado sobre los rendimientos del sorgo siempre es menor que el efecto de la concentración del fertilizante en banda ubicadas lo más cerca posible de la semilla. Por otra parte, dicho autor observa que, en caso de baja solubilidad del fósforo y de presencia de toxicidad alumínica, el uso de una variedad tolerante a la toxicidad puede ser más eficiente que la corrección del suelo. Cada cultivar puede usar mecanismos diferentes para crecer en suelos ácidos con toxicidad alumínica y bajos contenidos de P disponibles. Estos resultados se interpretan, mejor aún, a través de otro trabajo (Mayerling-Fernández, 1998) que demuestra que los fosfatos naturales tipo Riecito son eficientes sin encalado, el cual impide la acidificación rizosférica indispensable para la disolución de los fosfatos de calcio naturales. La eficiencia de la fertilización con roca fosfórica pasa, en consecuencia, por la selección de variedades capaces de acidificar su rizosfera, lo que implica su tolerancia a la posible toxicidad alumínica. Para acidificar “*in situ*” la roca fosfórica, se intentó, además, agregarle azufre elemental al realizar la fertilización pero no se detectó ninguna influencia del azufre sobre la solubilización de la roca fosfórica (Segnini, 1993).

### *Calibración de reactivos*

Otros ensayos de invernadero permitieron recalibrar los reactivos de extracción utilizados en los laboratorios de rutina para evaluar el P disponible (Olsen, Olsen-Dabin Bray y Mehlich). El resultado principal mostró que el método Mehlich debe ser eliminado debido a su agresividad que le hace disolver una parte no asimilable de los fosfatos naturales (Pérez, 1997) Los otros reactivos dieron resultados satisfactorios en el sentido que reflejan muy bien los valores de L de dilución isotópica como los del el P extraído por cultivos sucesivos de planta patrón.

### *Conclusiones sobre fertilización fosfórica*

Tales trabajos de calibración de métodos podrían organizarse en los principales suelos del país para dar bases mas firmes a las recomendaciones de fertilización fosfórica que son fundamentales para lograr una buena productividad de los suelos llaneros. En efecto, el uso de los fosfatos naturales no se podrá generalizar si el producto se ofrece al productor sin garantía de efectividad a corto, mediano y largo plazo. Al respecto, los ensayos de invernadero constituyen preliminares indispensables para realizar comparaciones de rendimiento mediante una planta patrón como el maíz (Saltos, 1996). Pero tales ensayos no son suficientes para justificar la sustitución de los abonos solubles por rocas fosfóricas.

Del mismo modo, los esfuerzos de recalibración de reactivos eran indispensables pero deben ser acompañados por ensayos pluri-anales en todas las regiones llaneras donde los productores constatan “*de visu*” sus efectos sobre los cultivos que suelen realizar en sus parcelas.

### **Fertilización potásica**

En la primera parte del capítulo hemos mencionado los importantes trabajos realizados en Venezuela por el Dr. Zapata durante los años 80 (Zapata, 1988). Aplicar los principios que se deducen de estas investigaciones ya constituye un programa de investigación regional de varios años.



Lo importante consiste, en primer lugar, en conocer los flujos necesarios durante el crecimiento de las plantaciones, para luego ver en que medida las reservas del suelo pueden o no alimentar flujos suficientes a través de la solución del suelo. Esto es la razón principal por la cual la fertilización potásica no es fácil de estudiar cuando los suelos contienen minerales potásicos cuya presencia puede ocultar el efecto de los aportes. Pero esta situación no es frecuente en los llanos donde la mayoría de los suelos ácidos no tienen minerales capaces de detener mucho potasio durante mucho tiempo. Esta buena capacidad de restitución del potasio ha sido demostrada en el caso de un cultivo de soya organizada en el Estado Guárico (Gómez, 1986). Además, el efecto del potasio concierne más a la producción de grano que a la de materia verde lo que hace inoperantes los ensayos de invernadero con cosecha prematura 4 (López, 1998). Fuera de estos dos ejemplos, existen otros trabajos que mencionan la fertilización potásica pero sin que ella constituya el objetivo principal de la investigación.

## **Encalado**

Raras veces el encalado está considerado a partir de las necesidades de los cultivos sino más bien a partir del problema de la corrección de la acidez y de la toxicidad aluminica y de las interacciones con la fertilización fosfórica.

La corrección de la acidez es una práctica que conduce a la necesidad de tomar en cuenta, de manera correcta, el poder “buffer” del suelo el efecto del aluminio y el efecto de los protones. No es fácil medir aisladamente la influencia del factor acidez. Para detectar el efecto específico de los protones, se requiere experimentos en solución nutritiva que se acerquen más a la fisiología de la nutrición que a la agronomía tradicional. Se pudo demostrar *in vitro* esta influencia en el caso de Canavalia (Torrealba, 1998).

Desde hace tiempo, se realizaron experimentos que permitieron evidenciar la complejidad del papel del aluminio que aparece no solamente en la forma dicha intercambiable sino también en otras formas no intercambiables por el KCl pero que si participan a la corrección de la acidez total y a la toxicidad aluminica de las plantas (López, 1981b). En este mismo experimento, estos mismos autores diferenciaron también el poder neutralizador de la dolomita con relación al de la calcita que es más activa.

Pero estos resultados no influenciaron mucho la práctica de los cálculos de encalado en la medida que no se introdujo en los análisis rutinarios la medición del poder buffer de los suelos. Sería necesario actualizar estos resultados por experimentos realizados a la luz de los conocimientos actuales. Ello implica realizarlos in situ con cultivos de duración más larga para tomar en cuenta el efecto de los horizontes profundos que está oculto por los experimentos de invernadero realizado con el puro horizonte superficial.

El encalado, por el hecho de neutralizar el suelo y de favorecer la permanencia de fosfatos de calcio más solubles que los de hierro y de aluminio, parecía constituir un primer paso hacia una mejora de la nutrición fosfórica de los cultivos. La insolubilidad del fósforo está considerada, generalmente, como una consecuencia de la presencia de hidróxidos de hierro y de aluminio que son los primeros responsables de la fijación del fósforo en los suelos ácidos de los llanos. Muchos de los planes de valorización de los cerrados brasileños fueron construidos sobre la base de este postulado (Schied, 1983). Sin embargo un estudio detallado (Matheus, 1998) demuestra la complejidad de las reacciones entre el encalado y el fertilizante fosfórico. Las dosis bajas de cal, asociadas al fertilizante introducido en bandas, favorece el desarrollo vegetativo durante el primer mes pero queda sin efecto sobre la producción de granos. Las dosis altas de cal pueden tener un efecto negativo sobre los rendimientos porque insolubilizan el fósforo en lugar de mantenerlo en la solución.

Desde hace tiempo, se realizaron múltiples ensayos de calibración del encalado en diversos tipos de suelo del país tanto al campo como en invernadero o en laboratorio. Sería imposible citarles todos aquí y además inútil. En efecto existe en una tesis todos los elementos para calcular las dosis de encalado en base no solamente al pH y al Al intercambiable sino a una titulación con tetraborato de sodio que da resultados bastante realistas y satisfactorios (López, 1980). En este trabajo se insiste además sobre la necesidad de no usar el Al intercambiable como base de cálculo para el encalado ya que se evidencia el rol de los hidróxidos de Al no intercambiable en la acidez total del suelo.

Como lo veremos más adelante, muchos otros trabajos realizados en los llanos mencionan el encalado no como objeto principal de estudio sino como

un elemento de interacción con otros nutrientes, N, P y micronutrientes principalmente.

### **Aportes de nutrientes por los residuos vegetales**

Uno de los aspectos críticos de la toma de decisión en lo que concierne la fertilización, tiene que ver con la participación del suelo y de los residuos de cosecha. La abundante información sobre los fertilizantes industriales, es contrastante con la escasez de información sobre los residuos orgánicos muy poco estudiados (Zérega, 1996). Estos residuos son de dos tipos: los residuos de partes aéreas que se quedan en la superficie o son incorporados a la capa superficial por las labores de preparación de tierras y las raíces que pueden ser tan abundantes como las partes aéreas de muchos pastos o plantas de cobertura. Al respecto, es importante recordar el caso de Canavalia. Esta planta, tolerante a la acidez de los suelos llaneros, parece ser un recurso valioso como planta de protección, abono verde o fuente de proteína como lo demostraron los resultados del llamado grupo Canavalia que ha realizado muchas investigaciones coordinadas en Venezuela (Arvanitis, 1996).

Los residuos de partes aéreas han sido estudiados más desde el punto de vista de sus efectos sobre las propiedades físicas que como fuente o reserva de nutrientes. Para esto último, se necesita experimentar con bolsas de mallas de nylon, frecuentemente utilizadas por los estudios ecológicos, o con residuos marcados lo que no ha sido realizado a menudo en los llanos. Un estudio de la contribución de estos residuos a la fertilidad de los suelos de sabana, ha sido realizado en los llanos occidentales por el método de bolsas enterradas (Gallardo, 1991). Dicho método permite evaluar un aporte de nutrientes al suelo conforme con la pérdida de peso, salvo en el caso del nitrógeno que se acumula un poco por efecto de la inmovilización. Una evaluación indirecta del aporte de las biomásas radicales del suelo se realizó, también, en el mismo trabajo mediante mediciones de la respiración endógena del suelo y de la velocidad de nitrificación. Se observa un aumento de la intensidad de los dos fenómenos después de cada corte lo que corresponde a la descomposición de la necromasa radicular inducida por el corte. Al aplicar un coeficiente de humificación de dicha necromasa se podría calcular una tasa de enriquecimiento de las reservas orgánicas del suelo en relación con los ritmos de corte.

Entre los aspectos menos estudiados en los suelos llaneros vale la pena destacar el reducido número de estudios dedicados a la materia orgánica de estos suelos y su posible papel en la fertilidad y la fertilización. Algunos de ellos se limitan a constatar la distribución de constituyentes orgánicos sin relacionarla con la función productiva del suelo (Dager, 1995). Utilizando los fraccionamientos clásicos, se intentó abordar el tema de los residuos vegetales y de su efecto, a la vez, sobre la fertilidad y sobre el fraccionamiento de los compuestos húmicos (Rivero, 1993). Al respecto, sólo los residuos de leguminosas producen un efecto considerable, mientras que los residuos de gramíneas provocan solamente un aumento sensible del fósforo disponible.

En conclusión, se debe señalar que la presencia en los llanos de una estación seca entre dos cultivos, no permite una humificación gradual de los desechos de cosecha, lo que constituye una gran diferencia con las condiciones edafo-climáticas de los climas templados. La incorporación de desechos tiene que realizarse en unas pocas semanas al inicio de la estación de lluvia, lo que debe tener consecuencias importantes sobre la inmovilización microbiana del nitrógeno y demás nutrientes. Estas diferencias merecen ser estudiadas en detalle. La necesidad de estudio se desprende no sólo del deseo de entender mejor los mecanismos y de poder simularlos adecuadamente con los modelos sino también de mejorar la instalación del cultivo. En efecto, a nivel práctico, se sabe que la descomposición de los desechos de cosecha contribuye a atrasar las siembras de maíz después de las labranzas clásicas perjudicando notablemente sus rendimientos.

### **Micronutrientes**

Los estudios dedicados a detectar en los llanos la eficiencia de aporte de micro-nutrientes son muy escasos. En suelos cálcicos cultivados con caña de azúcar en el Estado Yaracuy ensayos de campo permitieron demostrar que, en estos casos, la indisponibilidad de los micro nutrientes (Zn, Cu, Mn, Fe) está ligada a su insolubilización por los carbonatos de calcio. Los aportes inorgánicos son poco eficientes las únicas formas disponibles siendo las órgano-metálicas 4 (Vallejo-Torres, 1993). En la mayoría de los suelos ácidos llaneros los factores de insolubilización son diferentes y los aportes pueden ser más eficientes. Se pudo comprobar por ejemplo en el caso del maíz que los

aportes de Zn y Cu pueden ser muy rentables, el suplemento de cosecha representando, por lo menos, veinte veces más que el costo del aporte de los 20 kg de Zn y 10 de Cu en forma de sulfato hidratado (Pino, 1994). Tales resultados fueron confirmados por ensayos de invernadero combinados con fraccionamientos que demostraron que el Zn absorbido por el Maíz proviene de las fracciones intercambiables y/o ligadas a la materia orgánica. En efecto, dichas fracciones están positiva y significativamente correlacionadas con la materia orgánica total. (Rodríguez, 1997). Al contrario, esta correlación se vuelve negativa al tratarse del Zn ligado al hierro que constituye el primer factor de insolubilización de este micro elemento.

La dificultad de aplicación de este tipo de resultado por el productor viene, en primer lugar, del efecto inseguro de un aporte que podría ser ineficiente o provocar interacciones negativas. En segundo lugar, la dificultad técnica y el costo de los aportes foliares impide su generalización.

### **Eliminación o neutralización de elementos tóxicos**

Con algunas excepciones, las investigaciones realizadas apuntan más a eliminar el efecto de la toxicidad que a entender los mecanismos de su aparición. El caso de los ultisoles orientales constituye una de estas excepciones porque han sido estudiados de manera detallada desde el punto de vista del control de la solubilidad del anión fosfórico por el hierro y el aluminio (Zapata, 1986). En el mismo trabajo, se puede encontrar un análisis crítico, muy pertinente, sobre el significado del Al extraído por KCl con relación a la presencia de hidróxidos amorfos y un estudio de las variaciones de las capacidades de intercambio catiónico y aniónico en relación con el encalado y la fertilización. Ello, da una base teórica sólida para prever con certeza las consecuencias de las prácticas agrícolas usuales. Permanece la necesidad de generalizar este tipo de estudio a otras situaciones y luego aplicar este marco teórico a las situaciones creadas por los diversos tipos de fertilización y enmiendas.

### **Acidez, aluminio y toxicidad**

La acidez de los suelos venezolanos es mencionada muy a menudo como factor limitante de la fertilidad. Pero cuando se analiza el fenómeno aparece

una gran confusión entre la influencia de los protones y la toxicidad del aluminio. Esta confusión viene principalmente de dos prácticas erróneas.

La primera consiste en mirar los valores del pH sin tomar en cuenta el poder “buffer” del suelo que no se mide en los análisis rutinarios. Por lo general, el número de protones en la solución del suelo y en los iones intercambiables, son los responsables de la toxicidad. El número de protones en la solución que determinan el valor del pH es muy insignificante al lado de los que son necesarios para llenar todos los sitios de intercambio y luego mover el pH (Millán, 1999). Por lo tanto, no es fácil medir realmente la influencia del factor acidez, para ello se requieren experimentos en solución nutritiva que se acerquen más a la fisiología de la nutrición que a la agronomía tradicional. Se pudo demostrar, de esta manera, la influencia del factor acidez, el cual es mucho menor que el del aluminio en el caso de Canavalia (Torrealba, 1998).

La segunda práctica muy común, pero también errónea como lo hemos visto en el Capítulo 7, es de considerar como tóxico el aluminio llamado intercambiable extraído por una solución molar de KCl. Sería muy deseable que en Venezuela se generalizara el uso de los cálculos de especiación del aluminio basados en mediciones sistemáticas del aluminio (y del carbono) en la solución del suelo y no solamente en la del KCl. Una recalibración de la toxicidad aluminica podría valorizarse más aún si fuese acompañada tanto por mediciones del contenido de aluminio en las plantas como por la selección de plantas tolerantes a la presencia del aluminio en la solución del suelo.

Fuera del caso especial del aluminio, muy estrechamente relacionado con el efecto de los protones libres e intercambiables, los casos de toxicidad en los suelos llaneros no han sido señalados muy a menudo. Citaremos primero un ejemplo de cultivos de maíz realizados en los llanos occidentales con otro propósito pero donde se encontraron concentraciones de hierro y manganeso en las hojas en el período de floración, consideradas como tóxicas (Falcón, 1992).

## **INTERACCIONES ENTRE CICLOS: HACIA UN MANEJO INTEGRADO DE LA FERTILIZACIÓN**

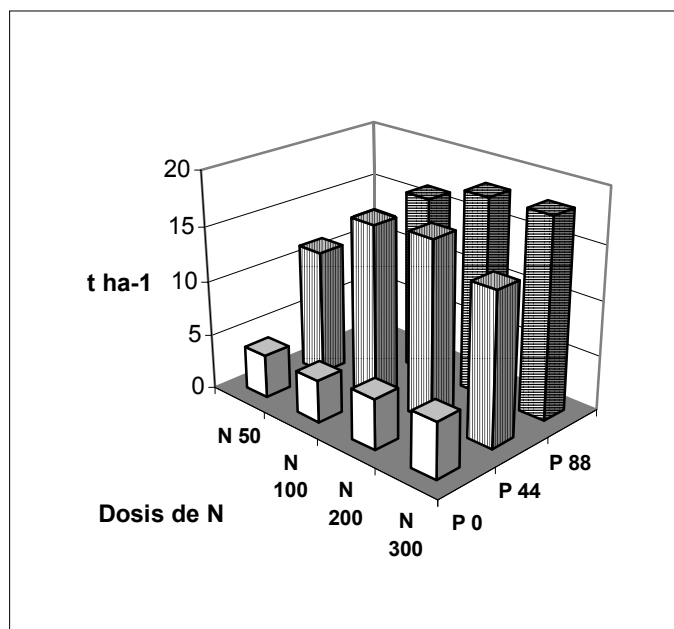
Como lo hemos mencionado en varias oportunidades, las interacciones entre nutrientes pueden ser tan importantes como la abundancia de cada

elemento. Estas interacciones se deben analizar en el marco de la sincronización entre la demanda de la planta y la oferta del suelo.

### ***Interacciones N,P,K***

El ejemplo más clásico que se estudió en Venezuela, como en otros países, es el del rendimiento de la fijación biológica del nitrógeno por la soya, rendimiento que no puede expresarse sin la presencia de una nutrición fosfórica y potásica adecuada (Pérez, 1986).

Se estudió, también en los llanos orientales, el caso del Pasto pangola (*Digitaria decumbens* Stent) el cual no es sensible a la fertilización nitrogenada sin un aporte mínimo de P de 44 kg ha<sup>-1</sup>. Además, para que el total de los cuatro cortes anuales sobrepase los 15 t ha<sup>-1</sup> se necesita 88 kg de P ha<sup>-1</sup> así como altas dosis de nitrógeno después de cada corte (Mata, 1972).



**Figura 8.4** Interacciones NxP en pasto pangola (Mata, 1972).

Otro acercamiento al problema de interacciones entre nutrientes consiste en seguir sus concentraciones en la parte aérea y ver en que medida la insuficiencia de un elemento puede reflejarse en las concentraciones de los otros. En el caso del maíz, se propuso explicar las concentraciones anormales observadas en caso de anoxia, por la translocación de nutrientes a partir de las raíces adventicias (Rodríguez, 1986).

### ***Interacciones P, Ca, Zn***

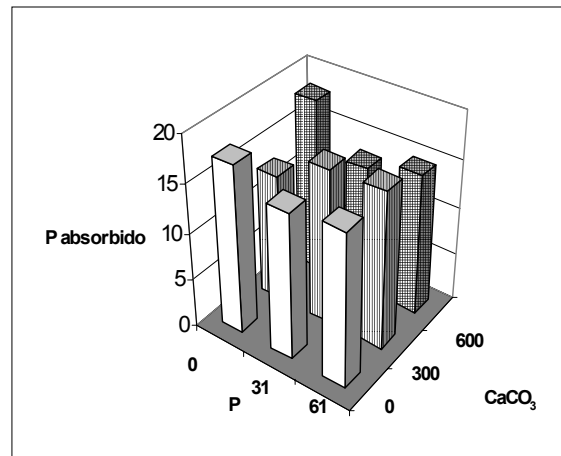
Una de las interacciones de gran importancia práctica es la de P/Ca que interviene cada vez que se practica el encalado de los suelos ácidos. Esta interacción ha sido estudiada en Venezuela desde hace tiempo tanto desde un punto de vista teórico como práctico, sin que ello haya provocado grandes cambios en el manejo del encalado o de la fertilización. Este tipo de investigación, está bien representado por dos estudios de los efectos a veces contradictorios del encalado. En algunos suelos los aportes de Ca y P aumentan la CIC y el punto de carga nula con un efecto favorable sobre los cultivos. (López de Rojas I., 1981a). En otros casos, el encalado aumenta la fijación de fósforo y disminuye la Capacidad de Intercambio Catiónico (Adams, 1981). La recomendación principal que se desprende de este último trabajo es la de moderar tanto los aportes de P como los encalados para reducir las perturbaciones indeseables que pueden provocar aportes exagerados.

El trabajo más importante de análisis de interacciones, realizado con maíz cultivado en suelos llaneros, está dedicado a observar si el encalado y la fertilización fosfórica pueden provocar carencias de zinc y de otros microelementos tales como el hierro, el manganeso y el cobre. En tres suelos se aplicaron tres dosis de Zn y tres dosis de P por cada encalamiento. El efecto producido se midió a través de la cantidad de fósforo y los demás nutrientes absorbidos por un maíz cultivado en pote. Los resultados obtenidos son analizados mediante un programa estadístico que permite clasificar las variables y detectar las interacciones (Rodríguez, 1995).

Entre todas las informaciones obtenidas hemos seleccionado el caso de las interacciones entre P y Zn. En las Figuras 8.5, 8.6 y 8.7 podemos ver resultados aparentemente paradójicos en el sentido que la extracción de P por la planta obedece más al juego de las interacciones P x Ca x Zn que a los aportes de fertilizante fosfórico o al encalado. En la Figura 8.5 se observa que, sin

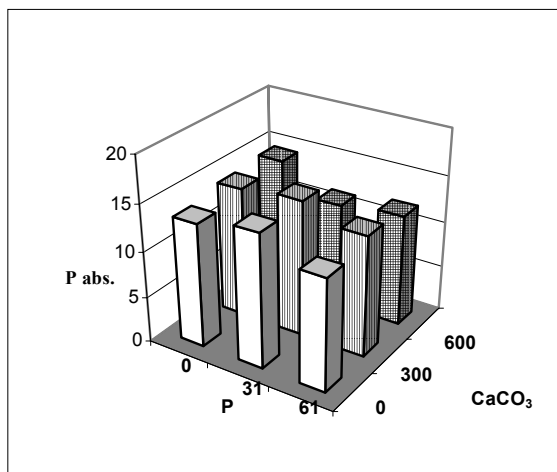


aporte de Zn la fertilización fosfórica no estimula la extracción de P por la planta que está además detenida por un encalado moderado.



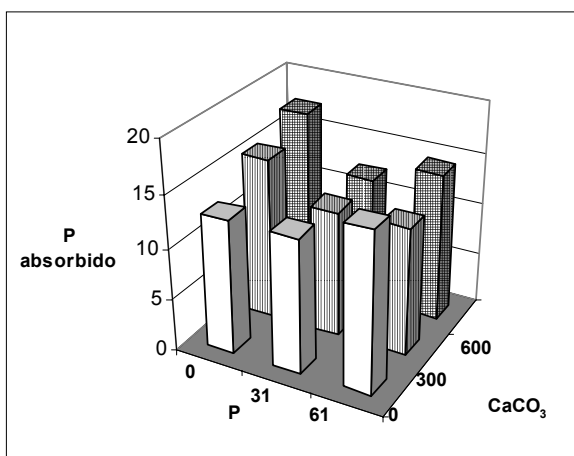
**Figura 8.5** Absorción de P sin Zn con tres dosis fósforo-meP/pote (Rodríguez. 1995).

La Figura 8.6 corresponde al caso de un aporte moderado de Zn que tiene como efecto general frenar la absorción del fósforo. Se evidencia, así, la interacción que suprime las diferencias entre tratamientos. Para afinar la interpretación se requiere examinar la producción de materia seca y la extracción de los otros nutrientes.



**Figura 8.6** Absorción de P con 8mg de Zn con tres dosis de fósforo, megP/pote (Rodríguez, 1994).

La Figura 8.7 corresponde al aporte máximo de Zn, que pone en evidencia dos fenómenos complementarios: el encalado sin aporte de fósforo y el aporte de fósforo sin cal favorece la absorción del fósforo siempre y cuando exista una cantidad suficiente de Zn.



**Figura 8.7** Absorción de P con 16 mg de Zn con tres dosis de fósforo megP/pote (Rodríguez., 1995).

No se puede discutir más detalladamente estos resultados complejos y muy interesantes, pero estos ejemplos son suficientes para ver que se dispone en el país de toda la herramienta necesaria para analizar a fondo las diversas interacciones que pueden ocurrir en el transcurso de los cultivos organizados en los diversos tipos de suelos llaneros.

Un estudio de la nutrición mineral del sorgo realizado en Guárico (Quintero , 1995) sirve como conclusión de este breve recordatorio de algunos trabajos sobre interacciones. Dicho estudio menciona que cada kilogramo de nitrógeno agregado como fertilizante provoca un suplemento de producción de 20 kg de grano en un suelo vértico y solamente de 1 en un alfisol vecino sin explicar la diferencia. Tal ejemplo evidencia la necesidad de abandonar las barreras disciplinarias para tratar de realizar estudios de una manera más integrada y abarcar, de este modo, toda la complejidad de los problemas asociados a los cultivos.

## **CONCLUSIONES**

Las investigaciones realizadas en las regiones llaneras son demasiado numerosas para poder ser compiladas y mencionadas de manera exhaustiva. La selección realizada no debe ser considerada como representativa sino más bien como un grupo de ejemplos significativos de los avances realizados. Estos avances sirven también para señalar las necesidades de investigación para el futuro.

Después de haber recordado el peligro que constituyen las extrapolaciones abusivas a partir de resultados obtenidos en condiciones aparentemente similares, hemos señalado la dificultad de detección de los factores limitantes de la producción a través de los análisis rutinarios de suelo.

El acercamiento global, mediante la realización de perfiles radicales relacionados con los principales factores edáficos de la región, constituye, probablemente, una manera de realizar recomendaciones prácticas más económicas y de plantear hipótesis indispensables para investigaciones detalladas en caso de necesidad.

Muy pocos estudios de tipo macro o micro-morfológicos han sido realizados en los llanos. El desarrollo de estas observaciones poco costosas es deseable para mejorar el análisis local de las relaciones suelo/planta.

Los estudios de balances hídricos han sido importantes en los llanos y deberían desembocar, próximamente, en un desarrollo de una modelización aplicable a situaciones concretas y a un uso más racional de los recursos hídricos en policultivos y rotaciones anuales.

La notable intensificación de estudios de eficiencia de labranza mínima no ha llegado, aún, a generalizar estas técnicas. Los productores no pueden soportar solos el costo de una inversión cuya finalidad es de mantener o mejorar la calidad de los suelos no sólo para ellos sino, también, para las generaciones futuras. Un subsidio de la comunidad nacional e internacional sería indispensable para evitar degradaciones irreversibles de los suelos llaneros y facilitar el esfuerzo de cambio de los métodos de preparación de tierra. Ello significaría también una intensificación de los ensayos de larga duración. Tales ensayos deberían acompañarse de una multiplicación de estudios de la meso y micro fauna de los suelos muy escasos, por no decir inexistentes, en la región llanera.

La fertilización nitrogenada ha sido estudiada en muchas circunstancias en los llanos donde se comprobó, por métodos isotópicos, la baja eficiencia general de la urea, abono más común utilizado en el país. Las soluciones de este problema se podrán encontrar mediante un conocimiento más detallado de las alteraciones del ciclo del nitrógeno en función de la variabilidad local de los suelos por una parte y de las de características específicas de la nutrición nitrogenada de las plantas cultivadas por otra parte. El estudio de plantas, adaptadas a la especificidad llanera del ciclo del nitrógeno, debería fortalecerse en los próximos años, la búsqueda de la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados más variados y adaptados. El efecto acidificante de la urea debe ser re-evaluado tomando mejor en cuenta el poder “buffer” de los suelos llaneros.

La fertilización fosfórica constituye, probablemente, un factor clave del desarrollo agrícola llanero dado los avances realizados en el uso de rocas fosfóricas en estos suelos, en su mayoría, ácidos. La existencia de grandes reservas de estas rocas y los avances realizados en las investigaciones sobre su

uso, debería hacer de los llanos un ejemplo en materia de fertilización fosfórica. Falta intensificar los estudios del fósforo orgánico en relación con el desarrollo de la labranza mínima y de las plantas de cobertura.

En materia de fertilización potásica, hemos visto que existe toda la herramienta teórica necesaria para realizar la fertilización en las mejores condiciones. El problema que podría surgir respecto a este elemento sería el de las interacciones negativas con el calcio y el magnesio en caso de exceso de encalado. Faltaría estudiar el uso de rocas molidas, de fosfatos y nitratos de potasio que, quizás, podría contribuir a limitar las importaciones de cloruros naturales.

El encalado ha sido estudiado en muchas oportunidades en relación con los problemas de fertilización fosfórica o de toxicidad alumínica. Sin embargo se desconoce todavía el impacto de esta práctica sobre los equilibrios catiónicos en las capas superficiales y profundas de los suelos. En estas últimas, pueden subsistir problemas de acidez y de toxicidad no corregidas por un encalado superficial. La rentabilidad del encalado debería ser re-evaluado en relación a los conocimientos actuales en materia de determinación de las formas tóxicas del aluminio en solución y de la generalización del uso de las rocas fosfóricas, del entierro de residuos vegetales y de plantas seleccionadas por ser tolerantes al acidez y al aluminio. Es necesario insistir sobre la necesidad de reconsiderar los resultados de los estudios anteriores diferenciando los efectos de la acidez (los protones libres), de la toxicidad alumínica sobre estimada por los extractos KCl utilizados en rutina por los laboratorios. Con un esfuerzo mínimo, los laboratorios de análisis de suelo podrían realizar cálculos de especificación del aluminio en la solución del suelo y proponer un diagnóstico más realista del fenómeno de toxicidad.

Como en otras regiones agrícolas, el estudio de los micro nutrientes debe seguir integrándose al de los aportes por residuos de cosecha y fórmulas completas. Estos micronutrientes podrían ser utilizados, también, como índices de salud y de calidad del suelo, el cual, en buenas condiciones, debe ser siempre capaz de suministrarlos adecuadamente a todos los cultivos.

Del mismo modo, los fenómenos de toxicidad deben ser considerados como síntomas de un suelo desequilibrado cuya calidad será, más o menos, difícil de restablecer. La detección de altas concentraciones de hierro y

manganeso en las hojas de maíz, cultivado en zona llanera, puede ser un hecho excepcional. Si no lo es, el fenómeno podría contribuir a explicar los bajos rendimientos generalmente obtenidos en este importante cultivo de la zona llanera. La intensificación de los estudios de los efectos tóxicos de metales pesados debe cuestionar el uso de lodos de origen urbano como fertilizante o enmienda en los suelos. En esta materia todo queda por hacer en los llanos venezolanos.

El gran interés de los estudios de interacciones entre elementos no consiste sólo en superar factores limitantes de la producción, sino también en favorecer el análisis global del funcionamiento del suelo. Este acercamiento holístico representa el verdadero futuro de la investigación sobre los sistemas suelo-planta después de una época dedicada a la disociación analítica de los factores. Los ejemplos citados (estudios de interacción entre fijación simbiótica y fertilización fosfórica, encalado y movilidad del P y Zn, etc.) abren las perspectivas de un desarrollo rápido de los estudios integrados favorecidos por las actuales técnicas analíticas que permiten, a bajo costo, el análisis simultáneo de múltiples elementos en numerosas muestras.

En definitiva, la fertilización de los suelos llaneros ha sido objeto de numerosas investigaciones realizando grandes avances en los conocimientos. El futuro parece estar caracterizado por una mejor integración de estudios multidisciplinarios donde los aspectos biológicos, químicos y físicos se estudien simultáneamente en ensayos plurianuales o de larga duración. Ello sería una manera de impulsar el desarrollo de técnicas de cultivo dirigidas tanto a la producción actual como al mejoramiento de la calidad de los suelos llaneros.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Adams, M.J. (1981). Características de la carga de algunos suelos tropicales. Trabajo de Ascenso, UCV, Maracay;152.
- Andren O., Katterer T., Petterson R., Flink M., and Hansson A.C. (1996). Nitrogen dynamics of crop and soil subjected to different water and nitrogen inputs, including dialy irrigation and steady-state fertilization -measurements and modelling. *Fertilizer Research* **181**, 13-17.

- Arvanitis R. (1996). "La relación incierta Ciencia aplicada y desarrollo en Venezuela," Anauco Ediciones C.A./Ed. Fondo editorial Fintec, Caracas.
- Azuaje P., (1986). Transformaciones de los fertilizantes nitrogenados y fosfatados en dos suelos arroceros del país. Master, UCV, Maracay;141.
- Barrios R., Molina D., Díaz A., González C., (1997). Problemas físicos de los suelos del estado Monagas sometidos al cultivo de la palma aceitera. *Fonaiap Divulga XIV*, 29-32.
- Berrio, T. Durán G., (1995). Respuesta de tres cultivares de maíz a cuatro métodos de labranza. In "Taller sobre prácticas de labranza en los sistemas de producción con maíz en los llanos occidentales" (SVCS, ed.), pp. 107-115. SVCS, Araure Portuguesa.
- Bravo, C. (1995). Producción de maíz y efecto de la siembra directa sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos de sabana del estado Guárico. *SVCS N° 46*, 72-89.
- Bravo, C. (1993). Efecto de diferentes sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo y su influencia en el rendimiento del cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum L.*) en un alfisol del Estado Guárico. Tesis M.Sc., UCV, Maracay;110.
- Brito P., G. de Brito. J. (1983). "Caracterización agroclimática de los Llanos occidentales y sus relaciones con el ciclo de maíz,," FONAIAP- CENIAP, Maracay.
- Carrillo de Cori, C. (1980). "Mineralización de la urea en algunos suelos venezolanos,," UCV Facultad de Agronomía, Maracay.
- Carrillo de Cori, C.E. (1989). "Eficiencia de los fertilizantes nitrogenados en arroz (*Oryza sativa L.*) de riego en Calabozo Edo. Guárico,," UCV, Maracay.
- Carrillo de Cori, E. (1988). Destino del Nitrógeno ureico aplicado a un Tropaquept arcilloso, bajo condiciones simuladas de arroz en siembra directa. *Turrialba 38*, 294-299.
- Casanova, E. (1982). Uso económico de los fertilizantes en Venezuela. In "Uso y manejo de los fertilizantes en función de su máxima eficiencia" (SVCS, ed.), pp. 81-93. SVCS, Caracas.

- Casanova, E. (1991). Manejo de suelos tropicales en Latinoamérica. In "II Taller de manejo de suelos tropicales" (W. R. R. T. Jot Smith, Floria Bertsch, ed.), pp. 169-174. Soil Science Department North Carolina State University Raleigh NC 27695-7619, USA, San Jose, Costa Rica.
- Centeno, S., Pablo A., Pablo S., (1995). Avance de la siembra directa en la finca Coromoto Santa-Cruz Turén. In "Taller sobre prácticas de labranza en sol sistemas de producción con maíz en los llanos occidentales" (SVCS, ed.), Vol. 46, pp. 99-106. SVCS, Araure Portuguesa.
- Chacón B. (1995). Efecto de la inundación sobre la dinámica del fósforo nativo y adicionado como rocas fosfóricas naturales y parcialmente aciduladas en cuatro suelos venezolanos. Mg. Scientiae, UCV, Maracay;74.
- Chacón E. (1995). Los suelos de los llanos occidentales para sistemas de producción con maíz. *SVCS Boletín Técnico n° 46*, 8-14.
- Chacón, E., Sarmiento. G., (1995). Dinámica del crecimiento y producción primaria de gramínea forrajera tropical *P.maximum* (tipo común) ante diferente frecuencia de corte. *Turrialba* 48, 8-18.
- Chaussod R., Zulia. M., Breuil M.C., Hétier J.M. (1992). Biomasse microbienne et statut organique des sols tropicaux: exemple d'un sol vénézuélien des llanos sous différents systèmes de culture. *Cah. Orstom ser.pédol* vol XXVII n°1, 59-67.
- Cimegotto D. (1987). "Manejo y conservación de suelos," FONAIAP - PRODETEC, El Tigre.
- Dager M. Dager R.,(1995). Caracterización de la materia orgánica asociada a microagregados de suelos de dos toposecuencias ubicadas en el estado Guárico. Master, UCV, Maracay;175.
- Delgado F. (1997). "Índice de productividad (I.P.) y grado de desarrollo radical (G.D.R.): aproximaciones para evaluar relaciones suelo-cultivo en la región de piédemonte y llanos occidentales de Venezuela," Rep. No. 1997-203. CENIAP, Maracay.
- Delgado R. (1988). Validación de los aspectos balance de agua y nitrógeno del modelo CERES-MAIZ. Tesis M. Sc., UCV, Maracay;192.



- Delgado R., Cabrera. de Bisbal. E., (1998). Evaluación de la capacidad de suministro de nitrógeno en diferentes suelos de Venezuela. *Rev.Fac.Agron. (LUZ)* 15, 401-430.
- Delvalle T.(1993). Evaluación agronómica de la aplicación conjunta de roca fosfórica y azufre elemental en un suelo ligeramente ácido utilizando maíz (*Zea mays* L.) como cultivo indicador. Tesis Grado, UCV, Maracay;88.
- Díaz A.,(1995). Estado nutricional de los suelos cultivados con maíz en el Estado Barinas. *Fonaiap Divulga* XII, 12-14.
- Díaz A., Chinchilla V., Mora A., Lara A.J., (1997). Resultados de análisis de suelos para el cultivo de arroz (*Oriza sativa* L.) en el estado Barinas. *Fonaiap Divulga* XIV, 25-27.
- Falcon R. (1992). Determinación del comportamiento agroeconómico del maíz al sembrarse secuencialmente en la serie Barinas. Tesis M.Sc., UNELLEZ, Guanare;133.
- Fayard Ch., Truong. B. (1990). “Caractérisation des phosphates naturels du Vénézuéla. Mise au point des engrais pour essais agronomiques,”. CIRAD-IRAT-TECHNIFERT, Montpellier.
- Florentino de Andreu, A. (1989). Efecto de la compactación sobre las relaciones hídricas en suelos representativos de la colonia agrícola de Turen (Estado Protuguesa). Su incidencia agronómica. Tesis M. Sc., UCV, Maracay;176.
- Gallardo de Maldonado H. (1991). Influencia de algunas prácticas de manejo sobre la fertilidad de las sabanas. Tesis Doctoral, Universidad de los Andes, Mérida.
- Gómez M. (1986). Efecto de la fertilización con fósforo y potasio en el cultivo de la soya en el área de Chaguaramas, Estado Guárico. Tesis M.Sc., UCV, Maracay;115.
- González R.T., Ayala. L. B. Gilalbert. J. (1981). “Recomendaciones generales para la fertilización de cultivos en Venezuela,” FONAIAP, Maracay.
- Hernández M. (1992). Evaluación de la urea mezclada con lignina como fertilizante nitrogenado de lenta liberación. Tesis Grado, UCV, Maracay;75.

- Hernández W. (1998). Efecto de tres sistemas de labranza sobre la dinámica poblacional y actividad microbiológica en un suelo cultivado con maíz. Tesis M.Sc., UVC, Maracay;98.
- Hétier J.M., Cardon D., (1997). Balances del nitrógeno derivado del suelo y del fertilizante en un alfisol bajo maíz. *Agronomía tropical* 47, 217-237.
- Hétier J.M., Sarmiento G., Aldana T., Zuvia M., Acevedo D.Thierry J., (1989). Nitrogen fate under maize and pasture cultivated on an alfisol in the western Llanos savannas. *Plant and Soil* 114, 295-302.
- Jiménez, R.J. (1998). Efectos de diferentes sistemas de labranza, sobre algunas propiedades físicas de un Fluventic Ustrocept de los Llanos occidentales y el comportamiento del cultivo de Maíz (*Zea Mays* L.). Tesis Grado, UCV, Maracay; 53p.
- Lemaire G., Charrier X., Hébert Y., (1996). Nitrogen uptake capacities of maize and sorghum crops in different nitrogen and water supply conditions. *Agronomie* 16, 231-246.
- Lobo, D. (1987). Efecto de la aplicación superficial de residuos vegetales y emulsiones asfálticas sobre las pérdidas de suelo y nutrimentos en un alfisol con cultivo de sorgo. Tesis M. Sc., UCV, Maracay;83p.
- López de R. I., Nieves L., Elizalde E., Avilan W., (1998). Respuesta de un cultivo de maíz a la fertilización potásica en suelos ácidos en función de algunas propiedades que afectan su disponibilidad. *Agronomía Tropical* 48, 515-539.
- López de R. I. (1980). Determinación de la naturaleza de la acidez en suelos representativos de Venezuela y su influencia en los requerimientos de cal. Tesis M.Sc., UCV, Maracay;77p.
- López de Rojas I., Adams M.J., (1981a). Efecto del cultivo sobre el punto de carga neta zero (PCNC) en tres suelos altamente intemperizados con aplicaciones de calcio y de fósforo. *Agronomía tropical* XXX, 29-53.
- López de R. Rojas I., Adams M.J., (1981b). Naturaleza de la acidez de suelos representativos de Venezuela y su influencia en los requerimientos de cal. II. Comparación de caliza calcítica y dolomítica como material de enmienda. *Agronomía Tropical* XXX, 241-267.

- López M. (1997). Eficiencia de absorción de fósforo por tres cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L.Moench) de diferente tolerancia a la toxicidad de aluminio. Tesis M.Sc., UCV, Maracay;108p.
- López M.A. (1993). Diagnóstico físico y alternativas conservacionistas de tres unidades de tierra de los llanos altos centrales en el estado Guárico. Tesis M.Sc., UCV, Maracay; 87p.
- Lozano P.Z.,Lobo L.D., Pla Sentis I. (1995). Diagnostico de limitaciones físicas de suelos bajo cultivo de maíz en los llanos occidentales. *SVCS N° 46*, 65-72.
- Lozano, Z. (1998). Evaluación de propiedades físicas y químicas de dos suelos de los llanos occidentales con sistemas de labranza convencional y reducida. Tesis M.Sc., UCV, Maracay; 50p.
- Mata, A. (1972). Respuesta del pasto pangola (*Digitaria decumbens*, Stent) a la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio en un suelo oxic plinthustult de sabana del estado Monagas. *Oriente Agropecuario* 4, 7-14.
- Matheus, R. (1998). Efectos sobre la aplicación simultanea de fosforo y calcio sobre la eficiencia del uso del fósforo por el cultivo del sorgo en suelos ácidos de sabana del sur-oriente del Guarico. Tesis M.Sc., UCV, Maracay;165p.
- Mayerling, S. (1998). Cambios de pH y disponibilidad de fósforo en la rizosfera de genotipos de maíz tolerantes a la toxicidad de Al. Mg, UCV, Maracay;89p.
- Medina, S.A. (1993). Comportamiento del maíz en relación a las dosis de nitrógeno, densidad y época de siembra en el Estado Guárico. Tesis M.Sc., UCV, Maracay;192.
- Millán F., Hétier J. M., Moreau R., Pétard J., Burguera M., (1999). Acidification of a cultivated alfisol in Venezuela. *Comun. Soil Sci. Plant anal.* 30, 183-198.
- Morales V.M., Graham. P. H., Cavallo R., (1972). Influencia del método de inoculación y el encalamiento del suelo de Carimagua (Llanos orientales Colombia) en la nodulación de leguminosas. *Turrialba* 23, 52-55.
- Nuñez U. M.C., B. E. (1998). Efecto de la compactación del suelo sobre algunos parámetros morfológicos del desarrollo radical del maíz. *Agronomia trop*; 49, 93-106.
- Palacios A.L. (1984). Los fertilizantes en Venezuela. In "Uso y manejo de fertilizantes en función de su máxima eficiencia" (SVCS, ed.), pp. 59-66. SVCS, Caracas.

- Pérez de Jaquinet M. (1993). Labranza mínima en Maíz (*Zea Mays L.*) y *Canavalia ensiformis* como barbecho mejorado para este sistema. Tesis M. Sc., UCV, Maracay;97.
- Pérez Greiner G.A. (1995). Estudio de sistemas agrícolas alternativas para el desarrollo de una agricultura productiva y duradera en el estado Guárico. *SVCS N°46*.
- Pérez M.J. (1997). “Evaluación de métodos extractantes de fósforo disponible en suelos fertilizados con rocas fosfóricas,” Rep. No. VARIBEV P 33. CENIAP, Maracay.
- Pérez M.J., T. B., Fardeau J.C., (1995). “Estudio de la solubilidad y potencial agronómico de algunas rocas fosfóricas nativas parcialmente aciduladas,” Rep. No. V-P30 C658-t Carpeta 2. CENIAP, Maracay.
- Pérez Martínez M.J. (1986). Análisis de crecimiento y respuesta de la Soya (*Glycine max (L) Merrill*) a la fertilización con fósforo y potasio en algunos suelos de la región llanos centro occidentales. Tesis M. Sc., UCV, Maracay;119.
- Pino F. (1994). Respuesta del Maíz (*Zea mays L*) a la aplicación de Zn y Cu en suelos del estado Monagas. *Oriente Agropecuario* 19, 38-56.
- Pirela F., F. L., Clavero T., Casanova A., Sandoval L., (1997). “Dinámica del nitrógeno en el sistema suelo planta con pasto guinea,” FONAIAP & LUZ, Maracaibo.
- Pla Sentis I. (1995). Labranza, propiedades físicas y producción de maíz en los llanos occidentales. *SVCS N° 46*, 32-42.
- Quintero Solano F.O. (1995). Nutrición mineral y respuesta a la fertilización por el cultivo sorgo (cv Chaguaramas III) en suelos de la región oriental des estado Guárico. Venezuela. Tesis M.Sc., UCV, Maracay;320.
- Rajan S.S.S., W. J. H., Sinclair A.G., (1996). Phosphate rocks for direct application to soils. *Advances in Agronomy* 57, 77-159.
- Ramírez R. (1982). La investigación en fertilidad de suelos en Venezuela. In “Uso y manejo de los fertilizantes en función de su máxima eficiencia” (SVCS, ed.), pp. 99-105. SVCS, Caracas.

- Ramírez R. (1990). El uso eficiente de los fertilizantes y el incremento de la productividad agrícola en Venezuela. *Agronomía Tropical* 40, 29-33.
- Rivas G. J. (1993). Efecto de la labranza mínima y prácticas agronómicas asociadas sobre las propiedades físicas del suelo y el rendimiento del Maíz (*Zea mays* L.) en los llanos altos del Estado Monagas. Tesis M. Sc., UCV, Maracay;97.
- Rivero de Trinca C. (1993). Evaluación de la materia orgánica nativa e incorporada en tres suelos de importancia agrícola en Venezuela. Tesis Doctoral, UCV, Maracay;177.
- Rodríguez B. (1991). Servicio nacional de análisis de suelo, pasado, presente y futuro. *Fonaiap Divulga IX*, 6-7.
- Rodríguez C. B. (1986). Efecto del déficit de oxígeno en el medio de enraizamiento sobre el desarrollo del maíz. Tesis M.Sc., UCV, Maracay;87.
- Rodríguez P.J. (1995). Los factores climáticos y la preparación de tierras en la región de los llanos occidentales. In "Taller sobre prácticas de labranza en los sistemas de producción con maíz en los llanos occidentales" (SVCS, ed.), Vol. 46, pp. 15-21. SVCS, Araure, Portuguesa.
- Rodríguez Salazar T. (1995). Estatus nutricional y comportamiento del Zn en relación a las aplicaciones de cal y de P, en suelos cultivados con maíz en el sector oeste del Estado Monagas. Tesis M.Sc., UCV, Maracay;145.
- Rodríguez T., M. A. (1997). "Efecto del encalado y del fósforo sobre las fracciones del zinc en suelos ultisoles y oxisoles de los llanos de Monagas," Rep. No. P33. CENIAP, Maracay.
- Román Vásquez D.A. (1990). Efectos de capas compactadas inducidos sobre la retención de agua, nutrientes y desarrollo del maíz, en un suelo arenoso de la mesa de Guanipa. Tesis Grado, UCV, Maracay;106.
- Rondón de Rodríguez C. (1995). Distribución y propiedades de los microagregados de suelos ubicados en dos paisajes de sabana del Estado Guárico. Tesis Doctoral, UCV, Maracay;276.
- Rondón de Rodríguez C., E. G. (1997). "Estabilidad de los microagregados de suelos derivados de diferentes materiales parentales,.". CENIAP, Maracay.

---

**POLÍTICAS DE DISTRIBUCIÓN Y USO DE LOS  
FERTILIZANTES PARA LA PRODUCCIÓN  
AGRÍCOLA EN VENEZUELA:  
PASADO Y PRESENTE**

*Eduardo Casanova*

**INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se analizan los efectos de las diversas políticas de fertilización que experimentó Venezuela durante los últimos cincuenta años y su relación con la superficie sembrada de los cultivos anuales y permanentes en función de las condiciones de suelo, los tipos de fertilizantes y los criterios de sostenibilidad, en términos de la preservación de los recursos suelo, agua y ambiente. Se evidencia el cambio de políticas de consumo de fertilizantes en la década de los años 80 con un mercado subsidiado durante la década de los años 90 en un mercado abierto y sin subsidio. Por otro lado, se presentan datos del uso ineficiente de los fertilizantes usando al maíz como un ejemplo al relacionar las cantidades de fertilizantes aplicados y su productividad en los últimos 20 años así como un ejemplo del uso eficiente de los fertilizantes con criterios de sostenibilidad en la recuperación de pasturas degradadas en sistema de producción de ganadería de doble propósito. Se concluye con el planteamiento de la necesidad de cambiar los conceptos de fertilidad y fertilización del diagnóstico y recomendación, realizado en cuadros de doble entrada en la época de los años 70. Ello a criterios de interpretación integral del funcionamiento del sistema suelo-planta-clima incluyendo las condiciones específicas de cada sitio.

## **PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA EN VENEZUELA**

Venezuela requiere aumentar la producción y productividad agrícola, tanto en los cultivos donde tiene ventajas comparativas como aquellos que por razones estratégicas, sociales y agroalimentarias, son necesarios producir. Este aumento en la producción debe lograrse a través del mejoramiento en el manejo de las tierras cultivadas y con la incorporación de nuevas áreas con potencial agrícola. Todo ello se ha venido realizando sobre suelos con altas limitaciones nutricionales, con unas condiciones climáticas muy variadas que van desde áreas con requerimientos de riego debido a un déficit en el balance hídrico (precipitación- evaporación) y áreas donde se aprovecha el ciclo de lluvias con un balance hídrico positivo. Todo ello con una amplia lista de cultivos anuales y permanentes, base de la producción de alimentos y fibra para la agroindustria y la creciente población de venezolanos.

Una de las prácticas agrícolas que contribuye al mejoramiento de la producción y a conservar el valor y capacidad productiva de los suelos, es el aporte de fertilizantes. Esto tiene mayor relevancia en el 70 % del territorio de Venezuela donde los suelos son ácidos, con altas limitaciones nutricionales (Casanova, 1996, Mogollón y Comerma 1994) y donde la producción agrícola requiere de los fertilizantes para que los cultivos produzcan rendimientos rentables. El Cuadro 9.1 muestra la superficie y los rendimientos de los cultivos anuales y permanentes en Venezuela para el año 2001 donde se evidencia la baja productividad de todos los rubros, siendo el arroz el de mejor rendimiento.

El uso de los fertilizantes debe realizarse bajo criterios de eficiencia, es decir, lograr niveles óptimos de producción con el menor costo posible (Aguilar, 1993). Esta orientación reviste actualmente particular importancia, ya que los precios de los fertilizantes están sometidos al proceso de globalización y a la competición de las empresas nacionales e internacionales sin el subsidio que se aplicó en la década de los años 80 en Venezuela. Otro criterio del uso de los fertilizantes es que estos deben aplicarse bajo los conceptos de sostenibilidad. Para Venezuela, Casanova (1997) ha definido como agricultura sostenible, aquella que pueda proveer alimentos para las generaciones actuales y futuras de una manera que sea rentable desde el punto de vista de la relación costo/beneficio y socialmente aceptable es decir, en armonía con el hombre, las comunidades y sus sistemas de producción. Ella debe además conservar los recursos suelo, agua, planta y ambiente, considerando los aspectos científicos y

tecnológicos globales pero adaptados a los sistemas de producción venezolanos. Para prosperar en Venezuela, una agricultura sostenible debe ser una política de estado y tener una base institucional suficiente para que las empresas públicas y privadas estén ganados a esta idea.

**Cuadro 9.1.** Superficie sembrada y rendimiento promedio de los cultivos anuales y permanentes en Venezuela, 2001 (Fuente: MAT, Dirección de Estadísticas).

Anuales	Superficie (ha)	Rendimiento. (kg ha <sup>-1</sup> )	Permanentes + Frutales	Superficie (ha)	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
Maíz	516.497	3.487	Caña de Azúcar	137.974	64.318
Sorgo	265.363	2.083	Café	233.873	393
Arroz	1254.203	4.500	Cacao	53.706	295
			Tabaco	3.367	1.920
Hortalizas	49.829		Naranja	33.017	13.826
			Mango	4.993	15.017
Caraota	15.673	816	Aguacate	5.878	7.565
Frijól	12.017	772	Palma Aceitera	25.105	13.874
Soya	1.610	2.756	Piña	14.668	20.459
			Patilla	10.057	14.824
Ajonjolí	51.543	522	Bananos	41.097	17.886
Maní	520	2.888	Plátano	59.313	12.704
Girasol	2.747	1.026	Yuca	47.447	12.762
			Melón	7.610	17.183
Algodón	15.069	935	Lechosa	6.766	19.244
Raíces y Tubérculos	85.014		Uva	688	16.465
			Pastos introducidos	5.000.000	
			Pino	450.000	
			Eucalipto + Teca	10.000	
Totales	1.170.085			6.145.559	



## **EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA DE LOS FERTILIZANTES EN VENEZUELA**

Cuando el Gobierno Nacional creó el Instituto Venezolano de Petroquímica (IVP) en 1956, el consumo nacional era de solo 8.000 t anuales (Casanova 1993). En 1961 el IVP inició la producción de urea, nitrato de amonio y superfosfato triple en la planta de Morón. En 1976, inició sus operaciones El Tablazo, para la producción de urea de exportación. En 1977 se había iniciado la producción de complejos NPK en Morón y ese mismo año se creó VENFERCA, adscrita al Ministerio de Agricultura y Cría, para la comercialización de los fertilizantes que produciría PEQUIVEN, filial de Petróleos de Venezuela creada el año siguiente para el desarrollo de la industria petroquímica nacional y la importación del déficit de producción. A fines de 1981 se elimina VENFERCA, que para ese año, vendió 355.000 t de fertilizantes y se encargó a PALMAVEN, filial de PEQUIVEN, de la comercialización de los fertilizantes producidos o importados por PEQUIVEN. A partir de 1988, PALMAVEN pasó a ser filial directa de Petróleos de Venezuela, con ventas de 1.474.000 t de fertilizantes ese año y con una ampliación de sus actividades hacia proyectos agrícolas tendientes al mejoramiento de la producción y productividad y a la creación de nuevos polos de desarrollo agrícola. A finales de 1993 y comienzos de 1994 PALMAVEN pasa a ser la filial ambiental y agrícola de PDVSA y PEQUIVEN pasa a producir y comercializar directamente los fertilizantes en Venezuela hasta el presente.

Es importante destacar también que otras empresas como Fertilizantes Andinos, Agroisleña (productos BASF y urea del Mar Negro), North Hydro y otras empresas, están comercializando fertilizantes en Venezuela dentro de los criterios de apertura y globalización de mercados. Para 1998 PEQUIVEN vendió 376.000 t lo cual representó el 84 % del mercado nacional. El 16 % restante correspondió a Agroisleña con 11.2 % y North Hydro con 4.8 %. De las 376.000 t vendidas por PEQUIVEN, 200.000 t correspondieron a fuentes de fertilizantes simples, 126.000 t a productos NPK y 50.000 t a mezclas físicas de fertilizantes.

## **POLÍTICAS DEL PASADO Y ACTUALES EN MATERIA DE FERTILIZACIÓN: LOS SUBSIDIOS A LOS FERTILIZANTES**

El efecto de las políticas del pasado y actuales en materia de precio de venta de los fertilizantes al productor agrícola desde 1981 hasta 2002 se observan en el Cuadro 2 donde se presentan los fertilizantes más representativos en el grupo de los simples, compuestos y microelementos. En Octubre de 1982 por decreto Presidencial se disminuye el precio de venta a los fertilizantes en un promedio de 15 % con respecto al año 1981, lo cual significa el comienzo del subsidio a los fertilizantes en Venezuela ya que el productor pagó los precios indicados en el Cuadro 2 pero el Ministerio de Agricultura y Cría estaba obligado a mantener un aporte compensatorio a la empresa que comercializaba los fertilizantes en el país. En Marzo de 1984 el precio de venta al productor disminuye aproximadamente en un 60 % lo cual aumenta los niveles de subsidio manteniéndose hasta junio de 1989 donde en Gaceta Oficial (1990) se establece que:

“Es propósito del Ejecutivo Nacional, establecer una política eficiente para el sector agrícola que propicie su desarrollo integral, lo cual requiere de un conjunto de medidas e incentivos coherentes que permitan elevar, no sólo la producción, sino también la productividad del sector, asegurando el máximo abastecimiento nacional de los bienes de consumo básico, especialmente agro-alimentarios, así como de los insumos requeridos para tal fin.”

“Establecimiento de un nivel de precios adecuadamente remuneradores para los productores de esos bienes de consumo básico y de los insumos requeridos, así como un nivel de precios razonables para el consumidor final”.

“Petróleos de Venezuela y sus empresas filiales, Palmaven S.A. y Petroquímica de Venezuela (Pequiven) así como las empresas que determine el Ejecutivo Nacional por intermedio del Ministerio de Agricultura y Cría, garantizarán el suministro adecuado de los fertilizantes requeridos para una óptima producción agrícola, de acuerdo a los lineamientos y programas que fije el Ejecutivo Nacional”.

“A fin de reducir los costos al productor agrícola y la dependencia de divisas y producción extranjera, el MAC, MEM, MARNR y CORDIPLAN, someterán a consideración del Ejecutivo Nacional, los Programas y Proyectos

requeridos para la optimización de la producción nacional de fertilizantes, así como la gradual eliminación de las importaciones de dichos insumos”.

“A fin de permitir el progresivo y efectivo ajuste de los costos y precios de los productos e insumos agrícolas, el Ejecutivo Nacional, a través del MAC, mantendrá un aporte compensatorio y decreciente (eliminación gradual del subsidio) para cubrir parte de los precios, principalmente de los renglones alimentarios”.

En función de ello se estableció que los aportes compensatorios iban a decrecer progresivamente del 50 % en 88-90 al 0% en 93 %, (es decir, que los precios reales tenían que ser cancelados de manera compensatoria por el MAC a la empresa comercializadora de los fertilizantes en el país). Como ejemplo se puede notar que el precio de la urea perlada cambió de 640 Bs t<sup>-1</sup> (US \$ 27) en el período 1984-1988 en el cual el subsidio a los fertilizantes llegó a 90% a 14.320 Bs t<sup>-1</sup> (US \$ 155) en 1993 cuando el subsidio había sido eliminado totalmente, a 82.400 Bs t<sup>-1</sup> (US \$ 160) en 1999 y a 99.840 Bs t<sup>-1</sup> en el año 2002 (74 US \$) (Cuadro 9.2).

Desde el punto de vista de política se pueden agrupar los 20 años descritos anteriormente en tres áreas con las siguientes características:

1984-1989:

- mercado subsidiado
- obligación de suministro
- precios fijados por el ejecutivo
- altas importaciones
- consumo irracional

1989-1993:

- programa de eliminación gradual del subsidio
- PDVSA y Filiales garantizan el suministro
- precios por fórmula
- disminución de importaciones
- disminución de demanda

**Cuadro 9.2** Precio de venta de fertilizantes al productor agrícola en Venezuela desde 1981 (Bs/TM).

Productos	Composición	81-82	82-84 <sup>1</sup>	84-88 <sup>2</sup>	1989 <sup>3</sup>	Feb 90 <sup>4</sup>	Jul 90 <sup>5</sup>	93 <sup>6</sup>	Oct 98 – Abr 99	Jul 2002 <sup>7</sup>
<b>SIMPLES</b>										
Urea Perlada	46 % N	1.570	1.298	649	2.520	3.420	3.900	17.500	82.400	98.840
Sulfato de Amonio	21 % N – 24 % S	1.160	1.100	550	1.040	2.220	2.540	8.260	59.000	86.730
Fosfato Diamónico	46 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 18 % N	1.660	1.411	708	4.940	6.680	7.620	16.800	163.700	
Fosfato Especial	42 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 16 % N								142.200	176.925
Cloruro de Potasio	60 K <sub>2</sub> O	1.270	1.079	540	2.520	3.920	4.460	14.000	112.000	245.720
Sulfato de Potasio	50 % K <sub>2</sub> O – 17 % S	1.410	1.190	685	4.710	6.380	7.280	25.000	173.500	394.300
Sulfato de Calcio	19 % Ca – 15 % S								25.000	42.734
Roca Fosfórica	25 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 28 % CaO					2.000	2.280	3.300	27.500	
Fosfopoder	28 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 28 % CaO								52.000	62.660
<b>COMPUESTOS</b>										
12-24-12	N-P-K	1.650	1.399	700	4.070	5.520	6.300	19.800	135.800	
12-24-12 / 3	N-P-K								149.000	186.900
15-15-15	N-P-K	1.520	1.318	659	3.780	5.040	5.740	18.800		
14-14-14 / 11	N-P-K-S								123.800	158.690
12-12-17	N-P-K		1.197	599	3.830	5.200	5.020	23.600		
12-12-17 / 2	N-P-K-Mg	1.720	1.462	731					122.200	196.735
<b>Microelementos</b>										
Sulfato de Cobre	25 % Cu – 12% S	5.130	1.360	2.180	10.130	10.380	11.840	81.000		
Sulfato de Zinc										1.150.000

- (1) En Octubre 1982 el precio de venta al público disminuye en 16 %
- (2) En Marzo de 1984 el precio de venta al público disminuye en un 60 %
- (3) En Junio de 1989 el precio de venta al público aumenta en 426 %
- (4) En Febrero de 1990 el precio de venta al público aumenta en 24 %
- (5) En Julio de 1990 el precio de venta al público aumenta en un 24 %
- (6) Precios de venta sin subsidio
- (7) Precios con descuentos

**1994 al Presente:**

- mercado abierto sin subsidio
- integración Pequiven-Palmaven
- reducción de costos
- precios fijados por mercado
- incremento de exportaciones
- nuevos actores / competidores

## **EFFECTO DE LAS POLÍTICAS PASADAS EN MATERIA DE FERTILIZACIÓN: EJEMPLO DEL MAÍZ.**

Muchas de las premisas que soportaron la decisión del subsidio a los fertilizantes no se cumplieron: a) no se aumentó la productividad de los rubros anuales y permanentes (Cuadro 9.1), b) no hubo un abastecimiento de los bienes agroalimentarios, c) el MAC no cumplió con los pagos compensatorios a PALMAVEN-PEQUIVEN siendo la deuda actual superior a los 15 mil millones de bolívares ( 21millones de US \$).

Un ejemplo de la ineficiencia y del mal uso de fertilizantes se puede observar en el maíz que es un cultivo que siempre ha sido calificado como rubro prioritario desde el punto de vista agro-alimentario pues está dentro de los cultivos que suplen las necesidades de energía (amarillo), fuente de proteína (blanco), es una fuente de grasa insaturada de origen vegetal, está asociado al objetivo de aumento de la calidad de vida del venezolano, tiene acceso a todos los sectores sociales y es un rubro agro-industrial. Después del arroz, es el rubro que más financiamiento recibe de la banca privada, alcanzando en 1996 más de 40.000 millones de bolívares (57millones de US \$.) y una cantidad similar en el año 2001. Dentro del sistema de producción de cultivos anuales, es el rubro que más superficie se siembra en Venezuela con 580.000 ha en 1988 y reduciéndose esa superficie a 400.000 ha en 1997 con una producción bruta total de 1.280.000 t en ambos años y una producción promedio de 2,2 t ha<sup>-1</sup> en 1988, 3,2 t ha<sup>-1</sup> en 1997 y 3.3 t ha<sup>-1</sup> en el 2001. Además es el cultivo que más fertilizante consume entre todos los rubros sembrados en el país (35 %) con una cantidad total aplicada en 1997 de 206.000 t de un total de 590.000 toneladas usadas en ese año y 117.000 t en el año 2001. Sin embargo, las cantidades de fertilizantes usadas en maíz en Venezuela a través de los años (Figura 9.1) no han mostrado una correlación con la productividad del cultivo lo cual es indicativo de una baja eficiencia de uso del fertilizante aplicado. Los aumentos en productividad que se observan en los años 94-97 se han producido mas por el uso de híbridos de alto rendimiento que por la respuesta a la fertilización y los descensos en la cantidad de fertilizante son por la disminución de la superficie agrícola sembrada con maíz (CORDIPLAN, 1994)

Al comparar la cantidad de fertilizante aplicado desde 1987 a 1997 con la superficie sembrada de maíz en esos años se obtuvo la Figura 2 en donde se

observa que las dosis de fertilizante aplicado han variado de 1011 kg/ha en 1989 a la dosis más baja en 1997 (515 kg/ha).

Figura 1. Relación entre la cantidad de fertilizantes aplicado al maíz en Venezuela y su productividad desde 1987 al 2001

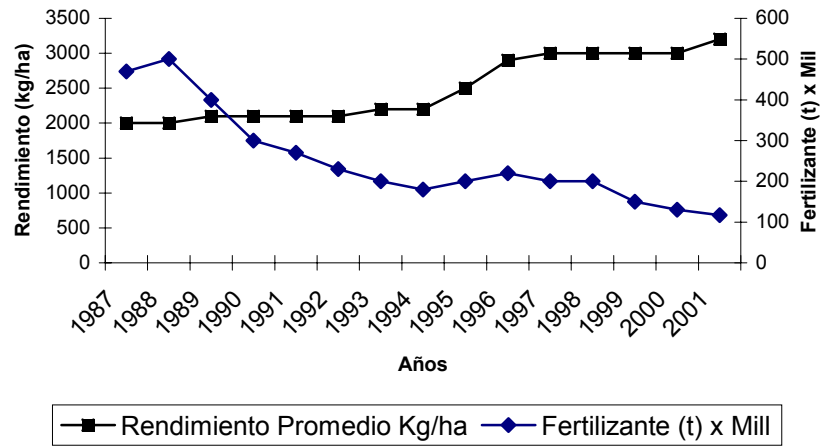
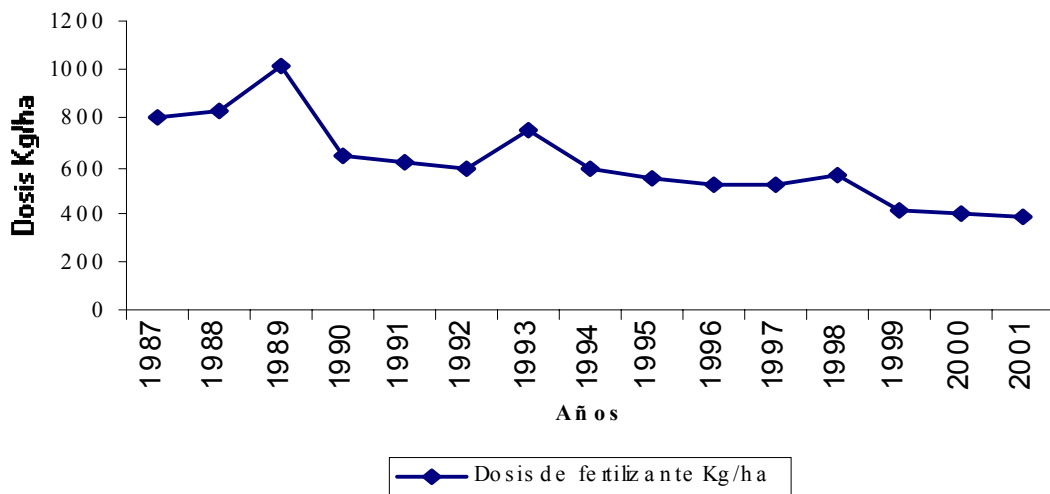


Figura 2. Dosis de fertilizante aplicado en el maíz en kg/ha desde 1987 a 2001



## **EJEMPLO DE UN USO EFICIENTE DE FERTILIZANTE: RECUPERACIÓN DE PASTURAS DEGRADADAS**

Un ejemplo del uso eficiente de los fertilizantes en el estado Monagas y con criterios de sustentabilidad, se pudo evidenciar en los siguientes resultados de fincas pecuarias de proyectos desarrollados entre el Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Monagas (CIAE Monagas-FONAIAP) y PALMAVEN (Casanova, 1999). Las evaluaciones comerciales se realizaron en Punta de Mata, en un proceso de recuperación de pasturas degradadas bajo un sistema de producción de ganadería de doble propósito. Los pastos utilizados en 30 fincas evaluadas fueron *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola* y *Brachiaria brizantha* con un alto índice de degradación debido a insuficiente período de descanso de los potreros y prácticas de fertilización aplicadas inadecuadamente y en forma no oportuna, en suelos de sabanas bien drenadas con fuertes limitaciones de fósforo y nitrógeno. El área experimental de carácter comercial se estableció hace 10 años y antes de la evaluación tenía valores promedios de 20 a 25 cm de altura, una cobertura de 30 a 40 % y rendimiento por debajo de  $0.3 \text{ tha}^{-1}$  de materia seca por corte y niveles de proteína cruda de 2 a 3 % considerados muy bajos y además de baja digestibilidad. Bajo estas condiciones, los animales del tipo cebú solo producían de 3 a 5 litros de leche por animal por día.

A estas pasturas degradadas se les aplicó una roca fosfórica acidificada (FOSFOPODER) en una dosis de 200 kg/ha a comienzos de lluvia e incorporada con un pase de rastra y 3 kg de semilla de *Stylosanthes capitata*, una leguminosa tropical que conjuntamente con la *Brachiaria* resultó en una excelente combinación de gramíneas y leguminosas. Los resultados fueron excelentes ya que el valor nutritivo del pasto aumentó a 6 % de proteína cruda, aumentó el nivel de fósforo, calcio, magnesio, hierro, cobre, cinc y manganeso en el pasto y la producción de leche registró un incremento de 40 a 60 % lográndose promedios de producción de 8 litros de leche por animal por día. La combinación de gramíneas y leguminosas mejoró la calidad nutritiva del pastizal con una buena adaptación, excelente consumo por el ganado y fácil recuperación después del pastoreo (Cuadro 9.3).

**Cuadro 9.3.** Parámetros de productividad del pasto, nivel nutricional, productividad en leche y costo de recuperación de una pastura degradada bajo el tratamiento de roca fosfórica y leguminosas en comparación con el manejo tradicional del productor.

	Tratamiento	Testigo	Factor de aumento
t Ms de l corte ha <sup>-1</sup>	1,80	0,30	6,00
% Proteína cruda	6,40	3,00	2,10
% P	0,15	0,08	1,90
% K	1,02	-	
% Ca	0,26	0,20	1,30
% Mg	0,46	0,25	1,80
mg Fe kg <sup>-1</sup>	332,00	214,00	1,60
mg Cu kg <sup>-1</sup>	5,00	1,00	5,00
mg Zn kg <sup>-1</sup>	45,00	37,00	1,20
mg Mn kg <sup>-1</sup>	154,00	83,00	1,90
Vacas en ordeño	100,00	100,00	
Litros de leche día <sup>-1</sup>	8,00	5,00	1,60
Costo de recuperación (US\$ ha <sup>-1</sup> )	100,00	600,00	6,00

Desde el punto de vista económico, se comparó el costo de la recuperación de la pastura por el método tradicional sembrando nuevamente el potrero con un costo de 600 US\$ ha<sup>-1</sup> y con disponibilidad del pasto al año a diferencia de la metodología de recuperación de pasturas llevada en esta experiencia comercial a un costo de 100 US\$ ha<sup>-1</sup> con el pasto disponible a los 2 meses y con los aumentos en producción de leche señalados anteriormente.

### **CONCLUSIÓN. NECESIDAD DE CAMBIAR LOS CONCEPTOS DE FERTILIDAD Y FERTILIZACIÓN**

El análisis realizado permite concluir que las políticas en fertilizantes en los últimos 20 años no han tenido el efecto esperado sobre el aumento de la productividad de los cultivos ni en un aumento de la oferta agroalimentaria para la población venezolana.



Por otro lado, el último ejemplo de la recuperación de pastura por uso combinado de roca fosfórica y leguminosa permite resaltar que un uso adecuado de una fertilización permite aumentar su eficiencia a menor costo. Este ejemplo de buena aplicación del conocimiento científico integrado a la actividad rutinaria del productor agrícola, ilustra de manera muy clara la necesidad de cambiar los conceptos de fertilidad y fertilización desde un balance aritmético seguido de una simple adición de nutrimentos hacia una interpretación integral del funcionamiento del sistema suelo-planta incluyendo las condiciones específicas del sitio. Solamente así se puede realizar un diagnóstico adecuado y preparar la recomendación de fertilizantes para lograr la eficiencia deseada.

A través de una asistencia técnica más adecuada a las necesidades de los productores, será entonces posible en un futuro cercano obtener usos eficientes y sustentables de los fertilizantes en Venezuela.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Aguilar, C. 1993. La asistencia técnica en Venezuela con especial énfasis en fertilización. Uso eficiente de los fertilizantes nitrogenados. Apuntes Técnicos Palmaven, Gerencia Corporativa de Asuntos Públicos, Caracas, Venezuela. 45 p.
- Casanova, E. 1993. Las rocas fosfóricas y su uso agroindustrial en Venezuela. Apuntes Técnicos Palmaven, Gerencia Corporativa de Asuntos Públicos, Caracas, Venezuela, 124 p.
- Casanova, E. 1999. La agricultura sustentable. Taller Desarrollo y Agricultura Sustentable, Primer Aniversario del Fondo de Crédito Agrícola del estado Monagas, Maturín, Venezuela. 14 p.
- Casanova, E. 1996. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Central de Venezuela y Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Caracas, Venezuela. 377 p.
- CORDIPLAN. 1994. Producción y disponibilidad agrícola, 1980-1993. Dirección general Sectorial de Agricultura, Caracas, Venezuela. 74 p.
- GACETA OFICIAL. 1990. Decreto del Ejecutivo Nacional para suministro y aporte compensatorio de los fertilizantes en Venezuela. Ministerios de Fomento, de Agricultura y Cría y de Energía y Minas. Caracas, Venezuela.

Ministerio de Agricultura y Cría. 1996. Relación de créditos otorgados con recursos de la Banca privada en 1995 y 1996. Dirección de Estadística, Caracas, Venezuela. 14 p.

Mogollón, L. y Comerma, J. 1994. Suelos de Venezuela. Gerencia Corporativa de Asuntos Públicos de Palmaven, Caracas, Venezuela. 313 p.



## LAS POLÍTICAS AGRÍCOLAS DE FERTILIZACIÓN Y SU EVOLUCIÓN

*Baudilio Mendoza*

### INTRODUCCIÓN

En la historia de Venezuela, la agricultura ha constituido una de las actividades más importantes, no solo por su aporte al crecimiento económico, sino por constituir el modo de vida de un significativo número de familias que avanzaban sus procesos de producción en el campo. Desde la época colonial, el sincretismo derivado del encuentro cultural, mal llamado “Descubrimiento de América”, generó una novedosa tecnología agrícola. En ésta, se conjugaron las raíces aborígenes, que contenían importantes conocimientos ancestrales para el aprovechamiento de los ecosistemas tropicales, los aportes europeos y los africanos -a través de la introducción de esclavos -, para darle pie a un modelo, agroexportador, basado en tres formas productivas principales denominadas “hato”, “hacienda” y “conuco”. Estas estructuras socioeconómicas de producción sustentaron la economía del país durante más de cuatro siglos.

Sin embargo, en este largo período -aparentemente homogéneo- se fueron gestando algunos cambios en el pensamiento predominante, con base a ideas novedosas vinculadas al “epísteme” de la modernidad. Así, junto con los ideales libertarios, con clara influencia de la Revolución Francesa, la transformación de algunos aspectos de la sociedad comenzó a tener lugar en la naciente y accidentada República de comienzos del siglo XIX. No obstante, durante el transcurso de dicha centuria, esas aspiraciones poco se concretaron en el ámbito agrícola.

Con el advenimiento del siglo XX, signado por una fuerte influencia positivista, que cifraba las esperanzas del progreso en la ciencia y la tecnología, se observan signos de mejoramiento en la manera de avanzar la agricultura.

El Estado venezolano comienza a realizar un conjunto de acciones, tendentes a “modernizar” los cultivos y la cría de animales. Junto con la creación de instituciones de capacitación básica y avanzada para las labores agrícolas, se acomete la introducción de: mecanización, semillas mejoradas, venenos y productos químicos para la fertilización. Del mismo modo, se inicia la creación de unidades experimentales y la fundación de colonias agrícolas. No obstante, a nuestro juicio, estas iniciativas, que hemos llamado “esporádicas” no estaban enmarcadas en una política definida de desarrollo agrícola.

Es a partir de 1945 cuando empiezan a perfilarse iniciativas, en este sentido, en el marco de lo que algunos han denominado el “proyecto populista”, caracterizado por ideales modernizadores y desarrollistas, entre cuyos propósitos estaba la implantación de un modelo que impulsase la industrialización y la transformación de la actividad agrícola, dentro del esquema capitalista en la América Latina de la postguerra.

Esta modernización capitalista se evidenció a través de las políticas de fomento y de asistencia agrícola, ahora perfilada de manera organizada a través de los planes agrícolas, uno de cuyos soportes fundamentales lo constituirían la mecanización de tierras y el uso de los insumos modernos, entre los cuales destacaban los fertilizantes.

## **POLÍTICAS DE PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN**

### **ESTRUCTURACIÓN PRODUCTIVA E INSTITUCIONAL**

Para mediados del siglo XX, Venezuela importaba, fundamentalmente de Alemania y de los Estados Unidos de Norteamérica, las pequeñas porciones de abonos químicos que se empleaban en el campo.

En consecuencia, basándose en la disponibilidad de gas natural y derivados del petróleo, una de las primeras políticas orientadas a resolver tal situación fue la creación de la Industria Petroquímica Nacional en 1953, que muy pronto, en 1956, se transformó en el Instituto Venezolano de Petroquímica

(IVP), adscrito al Ministerio de Minas e Hidrocarburos. Sus operaciones se iniciaron en 1958 con una pequeña planta mezcladora de fertilizantes en polvo en Morón, Edo. Carabobo, que luego se complementaría con una unidad de granulación de mezclas tipo NPK (Palacios, 1984, p. 59). En 1968, el IVP concibió desarrollar un complejo de fertilizantes para el abastecimiento nacional y para la exportación mediante la formación de la Empresa Mixta Venezolana del Nitrógeno C.A. (NITROVEN), en El Tablazo, Edo. Zulia. Posteriormente en 1977, se creó la empresa estatal de producción de fertilizantes, Petroquímica de Venezuela S.A. (PEQUIVEN), que sustituyó al IVP. La producción masiva de fertilizantes granulados se inició en 1980, con la intención de sustituir los productos en polvo, en razón a sus ventajas en cuanto a precisión y economía en su aplicación (Ibid. p. 60).

Esta política de producción del Estado venezolano, buscaba además regular la distribución y comercialización, en consecuencia el IVP ejerció hasta 1977 el monopolio de estas funciones. En ese año se creó la Empresa Venezolana de Fertilizantes, C.A. (VENFERCA), adscrita al entonces Ministerio de Agricultura y Cría (MAC), hoy Ministerio de Producción y Comercio (MPC), cuya finalidad era ocuparse de todo lo concerniente a la “comercialización, venta y distribución de fertilizantes de manera exclusiva, en todo el ámbito nacional, función que ejerció hasta diciembre de 1981” (Ibid. p. 61). A partir de ese año el Estado eliminó a VENFERCA y asignó sus funciones a PEQUIVEN, a través de PALMAVEN S.A, una filial creada a tales fines. Posteriormente, en 1988, PALMAVEN pasó a ser filial de Petróleos de Venezuela (PDVSA), con responsabilidades adicionales a las originalmente asignadas (Ramírez, 1995, p. 8 y ver el Capítulo 9 del presente libro). Hasta ese momento, la política del Estado venezolano fue la de ejercer de manera monopólica la producción, distribución y comercialización de los fertilizantes a nivel nacional, e incluso la importación y exportación de los mismos.

En cuanto a los resultados esperados, se estimaba que mediante esa intermediación se estimularía la moderna agricultura, tanto en el sector empresarial como entre el campesinado, en particular entre los sujetos de Reforma Agraria.

Ese soporte al patrón tecnológico modernizante, ciertamente, tuvo efectos positivos sobre la producción agrícola, pues entre el año 1950 y comienzos de la década de los años ochenta, la agricultura venezolana en su conjunto mostró

un crecimiento sostenido. Se estima que una alta proporción de esta repuesta, se debió a las políticas estatales relacionadas con los fertilizantes, lo cual podría sustentarse en la afirmación de la FAO, que dice que estos insumos contribuyeron en más de la mitad del aumento de rendimiento mundial por unidad de superficie, durante el lapso 1950-1980 (FAO, 1981, p.5).

A partir de los años 80, lapso de críticas transformaciones en la política cambiaria del país, PALMAVEN que vendía sus productos a través de sus propias oficinas, comenzó a incorporar distribuidores privados autorizados para ejercer las ventas, con el fin de aumentar los puntos de comercialización y disminuir sus costos operacionales. Del mismo modo, a finales de ese decenio -denominado la “década perdida” para las economías latinoamericanas- se amplían los mecanismos de comercialización mediante convenios de suministros entre el Estado, gremios de productores, cooperativas y empresas agropecuarias (Ramírez, Op. cit. p. 8). Así, en la década de los noventa, en los inicios del modelo de “apertura competitiva” de la economía venezolana, PALMAVEN a partir de sus centros de acopio, suministraba los fertilizantes a los entes privados que se ocupaban del proceso de distribución comercial, al mismo tiempo que promovía el desarrollo de pequeñas plantas mezcladoras con el objeto de ir sustituyendo a los productos completos convencionales por mezclas individualizables para cada situación. A tales fines también se diseñaron mezcladoras portátiles y fijas tipo “trompo” para hacer las combinaciones físicas a nivel de fincas.

En los años más recientes, a los fines de adecuarse a la realidad socioeconómica del país, el Estado, a través del entonces Ministerio de Agricultura y Cría, PEQUIVEN y la Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios de Venezuela (FEDEAGRO) acordaron suscribir un convenio y establecer un esquema de descuentos en los precios vigentes para los fertilizantes, cuyos beneficiarios serían las organizaciones gremiales de los agricultores y los propios productores individuales. Esta modalidad se aplicó para las compras al contado que se efectuaron en los centros de producción y despacho de PEQUIVEN. Del mismo modo, se estableció como alternativa un plan de financiamiento con un período de noventa (90) días libres de intereses, para aquellas compras efectuadas sin descuento. De igual manera, los fertilizantes importados por PEQUIVEN se ofertaron de acuerdo a su costo de importación, según la tasa cambiaria vigente, más el margen ordinario de comercialización.

A los fines del seguimiento y control de estas medidas, se creó un Comité Técnico con representantes de los Organismos participantes del Convenio. Dicho Comité estableció los mecanismos coordinados para la prestación de un servicio de asistencia técnica, financiada con un porcentaje (0,20%) del valor de las adquisiciones por parte de los productores, con el propósito de estructurar la demanda por fertilizantes y mejorar su eficiencia de utilización (AGROPLAN, 1996, p.7). Dentro de esta iniciativa, los logros en cuanto al componente de asistencia técnica tuvieron poca trascendencia.

Para comienzos del año 1999, PEQUIVEN anunció, en un evento internacional, un aumento en su capacidad de producción de fertilizantes nitrogenados a través de la empresa mixta FERTINITRO, sustentada por capital nacional e internacional, lo cual evidenciaba avances en la apertura comercial del país en el área petroquímica. Esta tendencia fue confirmada a mediados del año 2000 cuando inició sus operaciones, la empresa de Fertilizantes y Servicios para el Agro S.A. (SERVIFERTIL), cuyo propósito es atender de manera integral las necesidades de insumos y servicios agrícolas, incluyendo: fertilizantes, suministro de alimentos para animales, y otros agroquímicos. Esta nueva empresa absorberá las operaciones de producción y comercialización de fertilizantes en el mercado nacional que ha venido desarrollando PEQUIVEN en el complejo Morón, con el objeto adicional de abrirse de manera progresiva a la inversión privada, en especial aquella relacionada con las actividades agropecuarias. Parte de la producción de SERVIFERTIL se aspira colocar en los tradicionales mercados suramericanos del Pacífico y del Caribe.

## **POLÍTICAS DE SUBSIDIO**

Desde mediados del siglo XX, el Estado Venezolano ha desarrollado diversas modalidades de subsidio a los fertilizantes. Estas comenzaron durante el gobierno militar (1948 - 1958), con la puesta en marcha de las campañas de fomento a los cultivos y de los planes nacionales de producción, entre los cuales destacó el “Plan Arrocero”. El Estado, a través del soporte crediticio asignó significativos aportes para las inversiones y el manejo agrícola moderno a nivel de finca, por lo que el empleo de fertilizantes químicos fue tomando relevancia.

Después, con el advenimiento del régimen democrático, y con la expansión de la pequeña y mediana producción capitalista, y el desarrollo de la



Reforma Agraria, se fue incrementando el uso de estos productos. Gran parte de este aumento en la demanda se debió, principalmente, a que los precios de venta permanecieron fijos y subsidiados tanto para la importación como para la producción nacional, desde el año 1956 hasta marzo de 1981 (Palacios, Op. cit, p. 64), cuando se eliminó por primera vez dicho subsidio, en razón a la carga económica que este representaba para la Nación. La medida tuvo un efecto negativo sobre el consumo de fertilizantes en el país, y además afectó la rentabilidad del productor en algunos de los más importantes rubros agrícolas. Esto conllevó a que en el año 1984 se restableciera el subsidio a nivel del 50% del costo de adquisición al productor (Ramírez, Op.cit. p.7), para que, luego de progresivas disminuciones, se eliminara nuevamente en 1993.

La política de subsidio a los fertilizantes ha tenido efectos diversos sobre la agricultura venezolana. Por una parte, indujo un gradual incremento en el consumo estimado de fertilizantes hasta 1988, aunque luego, con la progresiva reducción y posterior eliminación del subsidio, aunada a otras políticas globales que desincentivaron el desarrollo agrícola, la demanda comenzó a descender, generando cambios importantes en el negocio agrícola, en particular en los rendimientos físicos y en la producción en general. Esta disminución en el consumo a nivel de finca, ha conllevado al empleo de dosis por debajo de las recomendaciones técnicas, reducción o eliminación de los reabonamientos, y del uso de fertilizantes en aquellos suelos con mejor fertilidad natural, e incluso para algunos cultivos tradicionales.

Del mismo modo, es importante reconocer las distorsiones derivadas del excesivo proteccionismo estatal. Entre estas se puede mencionar, que en 1988, debido a la inflación y a la tasa cambiaria de la moneda nacional con respecto al dólar norteamericano, el valor del subsidio superó al 90% del precio real (Ibid. p.7). Esta situación extrema, cambió drásticamente con las políticas de ajuste del modelo de “apertura competitiva” pues a partir de 1989, se pasó a un aumento gradual en los precios de los fertilizantes.

Los agricultores, ante esta nueva condición han generado respuestas de “racionalización” tecnológica, las cuales han marcado la tendencia en los últimos años. Esto ha significado, entre otras acciones, un mayor empleo de los análisis de suelos para ajustar los requerimientos de las siembras, calibración de dosis, diversificación de las fuentes de manejo eficiente de las formas y épocas de aplicación, empleo de enmiendas, e incluso, una incipiente incorporación de

prácticas alternativas, como las de base agroecológica para el manejo de los suelos.

Los defensores de la política de subsidio justifican su conveniencia, como medio para la creación de una cultura en el uso de estos productos, lo cual habría favorecido el incremento de la producción y de la productividad agrícola. La contraparte argumenta que esto es relativamente cierto, por cuanto el incremento productivo se derivó, en su mayor parte, de la expansión de la frontera agrícola en suelos marginales, dado los atractivos precios del fertilizante. En el mismo sentido, señalan el empleo innecesario de este insumo más allá del umbral de aprovechamiento efectivo por las plantas, lo cual habría incidido en efectos negativos en el rendimiento vegetal y en el ambiente. Resulta oportuno, además, señalar que en un reciente estudio realizado por el autor de este trabajo, se constató que en los estados Barinas y Portuguesa las cantidades de abonos empleados por hectárea cosechada llegaron hasta duplicar los valores correspondientes a escala nacional. Esto pudiese significar una excesiva e innecesaria aplicación de estos productos pues, al considerar la correspondencia entre las variaciones del consumo de fertilizantes con los rendimientos físicos de los cultivos algodón, arroz, maíz, se observó que en la serie temporal analizada, aun cuando el consumo de fertilizantes bajó significativamente, los rendimientos se mantuvieron o continuaron en ascenso.

En síntesis, nuestra conclusión sobre los efectos de la política de subsidio a los fertilizantes, es que para el caso de un proceso tan complejo como lo es la agricultura, es muy difícil analizar el efecto particular de una sola política, por cuanto el cambio tecnológico agrícola está determinado por una densa red de interrelaciones entre las políticas económicas sectoriales y las globales, así como por otros elementos que atañen al desempeño institucional, e incluso a la relación que se establece entre los agentes técnicos y los productores. En este sentido, coincidimos con algunos expertos, en cuanto a que “la eliminación del subsidio a los fertilizantes ocasionó un fuerte descenso del consumo. No existe información de cuanto de este descenso es producto del precio y cuanto es producto de las políticas que han descentivado la agricultura (Ibid p.11).

## **POLÍTICA DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA**

A mediados del siglo XX, para el momento de la puesta en marcha de los planes de producción de cultivos, la orientación técnica estatal era

prácticamente inexistente, por cuanto los esfuerzos se centraron hacia el control crediticio y muy poco a la capacitación técnica del productor, quedando esta en manos del sector privado, en particular del agrocomercio en su condición de suplidor de maquinarias, equipos, servicios, e insumos para el agricultor. Con el inicio de la producción nacional de fertilizantes y luego con la Reforma Agraria en la década de los años 60, el Estado venezolano propició los servicios de extensión agrícola a nivel campesino, y por otra parte impulsó programas de fomento agrícola a nivel empresarial. Esta situación dio curso a la institucionalización de los servicios oficiales, auspició la participación del sector privado e incluso permitió el avance de experiencias mixtas, mediante el relacionamiento organizado entre agentes técnicos y productores, lo cual a su vez propició el progresivo aumento del consumo de fertilizantes químicos, estimulado por los atractivos precios subsidiados. Luego, paulatinamente, el Estado venezolano fue abandonando la extensión agrícola, privilegiando en su defecto a la asistencia técnica, en la cual el sector privado ha tenido una más importante y efectiva participación. En los últimos años, mediante un convenio entre el Gobierno venezolano y el Banco Mundial, se adelanta un programa de Extensión Agrícola que intenta retomar, aunque enfrentando algunas dificultades, la atención a los pequeños y medianos productores para mejorar su productividad y competitividad en el componente agrícola.

En referencia al aspecto específico de la fertilización, PEQUIVEN ha dispuesto de servicios profesionales para atender a los distribuidores de fertilizantes y a los productores agrícolas, proporcionándoles atención técnica comercial (Ibid. p. 9). Del mismo modo, PALMAVEN implementó un programa de asistencia al productor en lo relativo a fertilizantes, y desde 1992 ha desarrollado el Servicio de Asistencia Técnica Integral (ATI), que abarca además otros aspectos del patrón técnico de manejo de los cultivos, y que para 1995 cubría unas 100.000 hectáreas atendidas por 26 profesionales de planta y 70 empresas de servicios contratados a particulares (Ibid. p. 10).

Al hacer una evaluación de esta política, podemos señalar que ésta ha sido poco consistente, no solo por su falta de continuidad en el tiempo, sino por carecer de una sostenida generación y difusión de conocimientos sobre fertilización y fertilidad de los suelos del país. En estos aspectos, que han sido señalados por algunos especialistas como “muy necesarios”, se tiene relativamente poca información, ya que los trabajos existentes sobre

dosificación de fertilizantes y el uso y manejo de los mismos han estado muy dispersos en el país (Ramírez, 1984, pp. 99-100).

En una investigación reciente, una opinión parecida sostuvieron los productores sobre este aspecto (Mendoza 1998, p. 250). Allí se estableció que para ellos el abonamiento, en general, ha sido una de las prácticas más arraigadas, pues la mayoría afirmó haber empleado abonos orgánicos, como el estiércol de bovino o de aves y también fertilizantes sintéticos, e incluso, más del 65% de los cultivadores de arroz, maíz y algodón entrevistados, dijeron tener conocimientos del empleo de abonos verdes y de rotación con leguminosas, pero pocos reconocieron que alguna vez hubiesen empleado dichas técnicas. Al indagar cómo accedieron a esos conocimientos, la mayoría señaló a las publicaciones, pero ninguno mencionó, como fuente de información, a los servicios de extensión o de asistencia técnica públicos o privados. Por otra parte, ellos señalaron que dentro de los problemas prioritarios por resolver en los rubros considerados, el principal era la carencia de variedad de fertilizantes en el mercado. Muy pocos mencionaron la necesidad de disponer de análisis de suelos, lo cual de alguna manera sugiere las fallas en la orientación tecnológica para estos productores, en lo referente a la racionalización de las prácticas de fertilización.

## **LA FERTILIZACIÓN EN EL CAMBIO TECNOLÓGICO**

### **DEMANDA Y OFERTA TECNOLÓGICA**

Tal como lo hemos expuesto en el punto precedente, en Venezuela, desde mediados del siglo XX, se han operado cambios importantes en la fertilización agrícola, proceso este que ha estado signado por aciertos y distorsiones. Al respecto, pensamos que las rígidas condiciones de la oferta tecnológica para el agro venezolano, ha impedido una mayor efectividad en el proceso de transferencia de las innovaciones tecnológicas a los agricultores.

#### **Características de la oferta tecnológica**

La oferta tecnológica disponible para la fertilización agrícola ha consistido en reducidas opciones en cuanto a los productos disponibles en el mercado. En consecuencia, poco se ha avanzado en la sistematización de las

prácticas de abonamiento orgánico y menos aún en las opciones alternativas de carácter agroecológico.

Para entender esta situación, en especial lo relativo al desfase entre la oferta tecnológica y demanda tecnológica en general, hay que considerar algunos elementos de interés. El primero de ellos, es la existencia en el país de una oferta tecnológica, enmarcada todavía casi en su totalidad en una opción única de carácter modernizante, de crecientes costos de adquisición por el productor, de alto consumo energético y de difícil sustentabilidad. El segundo, es la existencia de variadas formas de organización social para la producción, representadas por diversos tipos de productores que operan en disímiles ecosistemas, quienes no tienen en común idénticas necesidades, en cuanto a los elementos técnicos para avanzar la agricultura que realizan. El tercero, es que existen en el acervo nacional y regional, múltiples arreglos tecnológicos generados por los propios productores, adaptables a una amplia gama de condiciones agroecológicas y características psico-sociales de los agricultores locales que los manejan. Estos arreglos van desde aquellos exclusivamente “tradicionales”, hasta otros con variables combinaciones de elementos “tradicionales” y “modernos”, que contienen adaptaciones e innovaciones autóctonas importantes y que constituyen soluciones endógenas poco estructuradas, por lo común no reconocidas por las instancias de legitimación científica y además defectuosamente valoradas mediante criterios inadecuados de eficiencia. El cuarto elemento, es que la actual demanda expresa por tecnología recoge solo la opinión de un limitado grupo de productores que canalizan adecuadamente sus requerimientos a través de sus organizaciones gremiales de base y/o de cúpula, pues un importante número no está afiliado a organización alguna, y, por otra parte, los gremios poco se ocupan de estos aspectos específicos de la gestión tecnológica.

Esta situación de desfase ha sido reconocida en diversos estudios sobre el tema de la fertilización agrícola en el país, pero en los cuales se hace una mayor referencia a las características que ha asumido la oferta en ese aspecto.

Para 1990, en un trabajo auspiciado por la Fundación Polar, se señala que la problemática de los fertilizantes depende de tres componentes: la industria representada por PEQUIVEN; la comercialización y distribución a cargo de PALMAVEN y el sector agrícola representado por el Ministerio de Agricultura y Cría y sus órganos de adscripción, y los productores rurales (Sánchez, 1990,

p.1). Efectivamente, los rasgos de la oferta han estado determinados predominantemente por las políticas de producción de fertilizantes ya descritas, y no por las características de los usuarios. En consecuencia, la producción ha estado centrada en la generación de limitados tipos de productos que tan sólo en los últimos años se ha tendido hacia la diversificación. Tal es el caso del programa de los fertilizantes líquidos, que apenas se inició en 1995, con base en la conversión de crudos pesados y extrapesados producidos en la zona oriental del país. Su producción intenta aprovechar sus cualidades agronómicas, menor costo energético y su facilidad de transporte, manejo y almacenamiento. También ilustra al respecto la fabricación de fertilizantes especiales para determinados rubros comerciales, como pastos cultivados, que han sido ofertados públicamente en el año 1999.

Por otra parte, en los estudios anteriormente aludidos se señala, además, que existe poca información en cuanto a investigación en lo relativo a la producción de fertilizantes no tradicionales tales como: amoníaco, anhídrido, roca fosfórica acidulada, roca fosfórica granulada y compactada con azufre y úrea, fosfoyeso tiosulfato, escorias de la siderúrgica, potasio a partir del polvillo de cemento y otros productos en base a fuentes como: lodo cervecero, vinazas, y pulpa de café. Del mismo modo se estima necesario investigar el uso de micorrizas y de cepas de *Rhizobium* (Ramírez, Op. cit., p. 12).

Otros aspectos relevantes señalados tratan de la necesidad de adelantar indagaciones sobre el mejoramiento de la calidad de los productos convencionales, así como también en lo relacionado con el análisis de suelos con fines de recomendación técnica, ya que persisten deficiencias en cuanto a la representatividad en la toma de muestras. De manera similar se requiere acometer estudios sistemáticos en lo referente a: época, método de aplicación y de colocación de fertilizantes, e incluso calibración de abonadoras para estiércoles (vacuno, aves, caprinos) cuyo uso se ha venido extendiendo en explotaciones agrícolas de gran valor comercial como hortalizas, flores, papas (Casanova, 1982, p. 2).

### **Características de la demanda tecnológica: macro y micro perspectivas**

Desde otro ángulo, podemos afirmar que en el país poco se ha estudiado el cambio tecnológico por el lado de la demanda, es decir atendiendo a las características que exhiben los usuarios reales y potenciales de los fertilizantes.

En estudios recientes sobre la transferencia tecnológica y la modernización de la agricultura venezolana, se analizó este aspecto (Mendoza, 1998). Las conclusiones señalan que, en la práctica, los usuarios han sido vistos como un conjunto amorfo. No obstante, al ser examinados en detalle se evidencia una rica heterogeneidad estructural, es decir, se denota el concurso de variados “tipos” de agricultores, producto, entre otras razones, del proceso de hibridación cultural típico de los países latinoamericanos, y de la diferenciación socioeconómica derivada de la expansión capitalista en el medio rural.

Para el caso venezolano, se determinó que, incluso el campesinado, no constituye un grupo homogéneo, ya que en este concursan una gradación de estratos diferenciables, que van desde los campesinos de “subsistencia” hasta los que hemos denominado “campesinos en ascenso patrimonial” para denotar su mayor capacidad de acumulación - no capitalista -, que los diferencia de los productores empresariales capitalistas y también de los otros campesinos, en cuanto a necesidades tecnológicas y posibilidades de acceso a las técnicas no tradicionales, entre otros rasgos (Mendoza, 1998, p. 250).

Basándose en estas diferencias tipológicas, la explicación propuesta a algunas de las inconsistencias de este proceso de transferencia tecnológica se buscó a partir de una definición adecuada de la relación entre agentes técnicos y productores. La premisa que sustenta esta explicación sostiene que su adecuación a los rasgos específicos de los componentes de la sociedad rural, contribuye a la eficiencia del cambio tecnológico inducido. De esta manera, la concepción propuesta en la conclusión de esta investigación, plantea que, el proceso de cambio tecnológico en la agricultura puede visualizarse a dos niveles estrechamente interrelacionados: la “macroperspectiva”, que se refiere a la interacción de los grandes componentes del proceso: Estado, sector privado, políticas y organización institucional, entre otros; y la “microperspectiva” atinente al comportamiento interactivo entre dos de los principales grupos de agentes sociales: productores y técnicos.

Esta propuesta considera que la visión “macro” no es suficiente para explicar satisfactoriamente, por sí sola, las inconsistencias del proceso de generación, difusión, y en especial de adopción de tecnología en la agricultura venezolana. Una de las razones es que luce incompleta la visión, derivada exclusivamente del análisis del sistema institucional de asignación de recursos

con fines de transferencia tecnológica, para dar cuenta de las desarticulaciones que ordinariamente suelen presentarse en el tránsito del conocimiento. Este recorrido, arranca en la investigación, luego se difunde hasta el productor, quien es el que toma las decisiones de adopción o de rechazo de las innovaciones que se ponen a su disposición.

Tal consideración está basada, entre otras razones, en que el agricultor interactúa con los otros agentes sociales en ese ambiente socioeconómico y cultural “no neutro”, el cual constituye un entorno que puede tener diversa magnitud modificadora en su conducta productiva.

Es claro que en virtud de las condiciones en que se ha dado el progreso técnico en la agricultura venezolana, también es posible detectar la influencia de otros sujetos sociales sobre el comportamiento tecno-productivo del agricultor. El agrocomercio, la agroindustria, las agrofinanzas, e incluso las organizaciones gremiales, por lo general disponen de sus propios canales de comunicación, y, en algunos casos, hasta de estructuras formales de generación y de difusión tecnológica, que inciden en la conformación de la oferta tecnológica, y en consecuencia en la postura del productor ante el hecho tecnológico.

### **Papel mediador del agente técnico**

Mediante las estructuras específicas de difusión institucional, se ponen en interrelación el productor y el agente técnico. Este, al actuar como comunicador está transmitiendo mensajes de su fuente programática a un “receptor” - el agricultor - con el fin de persuadirlo o convencerlo de algo que el técnico cree, siente o hace. No obstante, el agente técnico, se convierte necesariamente en un intermediario entre las indicaciones de la fuente y el receptor, produciendo su propia versión del mensaje.

Esta situación ocurre a pesar de la concepción formal, la cual sostiene que el agente técnico es un profesional con una formación especializada, que trata de facilitar las decisiones del productor en cuanto a las innovaciones, dentro de las orientaciones de los programas de cambio planificado, provenientes de organizaciones gubernamentales o privadas. Su papel en el proceso de transferencia tecnológica es muy trascendente, pues constituye el canal de comunicación, en doble sentido, entre los planificadores y los productores, e



incluso tiene un rol destacado en aquellas modalidades que combinan los medios de comunicación masiva y los canales personales, tal como ordinariamente ha acontecido en el caso venezolano.

Sin embargo, de acuerdo a nuestra apreciación, el agente técnico ordinariamente no siempre se comporta en forma acrítica o “robotizada”, sino que opina, orienta y propende a inducir decisiones que en alguna medida pueden contradecir el ordenamiento formal. Es por ello que, en ciertas condiciones, los agentes técnicos pueden experimentar conflictos de funciones debido a su posición de enlace entre dos medios sociales, cuyos principios y objetivos pueden también estar en conflicto.

Al analizar la “microperspectiva” se centra la atención en el productor. Es evidente que no hay dos agricultores con idénticas necesidades tecnológicas. Por tanto, las recomendaciones técnicas tendrán diversos grados de adecuación para cada situación en particular.

Como lo hemos señalado, el mundo subjetivo del productor, a su vez, está condicionado por la influencia que puede ejercer sobre él, la personalidad del agente técnico. Es decir, dependerá del grado de empatía y acoplamiento que se logre construir a través de esta relación. De esta manera, el productor puede llegar a identificar al agente técnico como un aliado o como un contrario, dependiendo de la coincidencia entre ambos, en cuanto al manejo de las situaciones, identidad entre los objetivos buscados e incluso en cuanto al compromiso ideológico-político.

Se dice que la transferencia tecnológica y el consecuente cambio que de ésta se deriva, realmente son efectivos cuando el agricultor adopta las innovaciones que se ponen a su disposición. Sin embargo, en los países en vía de desarrollo, muchos agricultores son inducidos a utilizar técnicas avanzadas, pero pocos de ellos siguen, en su totalidad y al pie de la letra, las recomendaciones de los agentes técnicos. Este comportamiento está relacionado con la racionalidad económica del agricultor en cuanto a las decisiones de subsistencia, beneficios y de minimización de los riesgos.

Del análisis anterior, centrado en lo que hemos llamado el “desfase” entre la oferta y la demanda tecnológica en el país, es posible entender algunas de las razones por las cuales ha sido poco recompensado el esfuerzo del sector público

y del sector privado para crear condiciones favorables al “moderno” desarrollo de la agricultura.

En conclusión, esto nos induce a pensar que, para el caso específico del área temática de la fertilización, es necesario adecuar las políticas y estrategias de transferencia tecnológica a las características psico-sociales y agroecológicas en que se desenvuelven las situaciones de cambio técnico. La importancia de darle relieve a estos aspectos del nivel “micro”, es que los mismos están perfectamente vinculados con el nivel macro, pues, en última instancia, la tecnología debe cumplir dos condiciones fundamentales: ser apropiada a los requerimientos y estrategias económicas de los productores y, contribuir a alcanzar los objetivos de las políticas nacionales.

## **LA DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO SOBRE FERTILIDAD Y FERTILIZACIÓN**

Para adentrarnos más adecuadamente en este aspecto vamos a establecer de manera sucinta los conceptos básicos que sustentan nuestras apreciaciones sobre el tema.

El primer asunto a considerar es el relativo a las fuentes cognoscitivas que alimentan a la tecnología, es decir, de donde surge el conocimiento tecnológico. Al respecto hay dos posiciones en apariencia perfectamente diferenciables: una, que le atribuye su origen exclusivamente a los hallazgos de la ciencia, y la otra, acepta que tanto el conocimiento “vulgar” como el científico nutren a la tecnología. Al respecto, Bernal sostiene que la ciencia ocupa un lugar intermedio entre la práctica establecida, transmitida por el hombre común, y los conocimientos que legitiman y sostienen la continuidad de la sociedad y el poder de las clases dominantes. En consecuencia, se podría considerar, acompañando a este autor, que “la ciencia es, por un lado, técnica ordenada y, por otro, mitología racionalizada (Bernal, 1972, p. 13).

## **LA TECNOLOGÍA AGRÍCOLA**

En razón de lo anterior, las dos posturas inicialmente mencionadas en cuanto a la relación entre ciencia y tecnología, parecen resumirse en una sola, lo cual, en nuestro caso, contribuye a facilitar la conceptualización de lo que

manejamos como tecnología agrícola. Como tal, entendemos al conjunto integrado por los conocimientos, destrezas técnicas, prácticas de manejo y la base material empleada por el hombre, para avanzar la generación de los bienes agrícolas. Esta concepción diverge de la de aquellos autores que conciben lo tecnológico como algo derivado exclusivamente de los hallazgos de la ciencia. En este sentido, asumimos que más allá de los conocimientos generados o tamizados a través del método científico y cuya cuna más habitual sería el laboratorio y/o el campo experimental, también concursa el saber humano, acumulado y practicado por el hombre a través de su experiencia diaria en las unidades de producción.

En cuanto a la conceptualización específica de la transferencia de tecnología agropecuaria, existen variadas concepciones al respecto. Para Rodríguez y Chacín, éste se desarrolla a través de un gran sistema integrado por subsistemas, entre los que destacan el de generación de tecnología agropecuaria (investigación) y el de difusión. El subsistema de generación de tecnología, comprende la producción de nuevos conocimientos y la adaptación de tecnologías ya conocidas y de resultados exitosos (Rodríguez y Chacín, 1988, p. 6-7).

Para estos autores, el subsistema de difusión es la instancia siguiente, la de la prosecución de la tecnología en el sistema de transferencia hacia el destinatario y elemento más importante, como lo es el productor agropecuario. El mecanismo de difusión no debe ser por vía de entrega o de imposición, sino un proceso comunicativo a través del cual el productor y el técnico comparte experiencias, intercambien ideas, asimilen mutuamente conceptos, acuerden criterios, en fin, interactúen dinámicamente para el logro de cambios en los conocimientos y en las habilidades.

Por lo general, se maneja la opinión de que la transferencia de tecnología agrícola implica la transmisión exclusiva de los resultados generados por la investigación científica. No obstante, y como consecuencia del concepto de “tecnología agrícola” que venimos manejando, postulamos que existen otros conocimientos, producidos y validados como ventajosos por los propios agricultores. Dichos conocimientos son susceptibles de ser sistematizados y estructurados por los investigadores, y, por lo tanto, también pueden ser objetos de transferencia a otros agricultores, pues contienen innovaciones de utilidad

para el mejoramiento del proceso productivo agrícola, entre aquellos productores que no han alcanzado tales niveles de avance.

### **Extensión agrícola y asistencia técnica**

En cuanto a las modalidades de acción, mediante las cuales se viabiliza la difusión de los conocimientos a los agricultores, vamos a referirnos específicamente a dos de ellas: la extensión agrícola y la asistencia técnica. Por “extensión agrícola” asumimos al proceso de educación, no formal, a través del cual se logran cambios en la personalidad de los individuos y de la realidad que los rodea. Para Arandía, su finalidad es difundir y transferir conocimientos, en lo cual participan interactivamente tres componentes: la función educativa no formal, la estructura institucional y administrativa que la viabiliza, y el cuerpo teórico metodológico que sustenta tanto a su forma de acción, como a su fondo temático (Arandía, 1988, p. 73-76).

Por otra parte, la “asistencia técnica agrícola” es concebida como aquellas acciones organizadas para resolver problemas técnicos al agricultor, a través de la prestación de un servicio de atención, facilitado por un especialista. Algunos autores consideran que en consecuencia, el agricultor cumple un papel pasivo de receptor de una acción o información de una sola vía, que proviene del técnico, quien determina el “qué”, “cómo”, “dónde” y “cuándo” deben realizarse las acciones pertinentes (Ramsay y Beltran, 1989, p. 21). Como se puede deducir, la asistencia técnica no implica necesariamente una acción educativa, aun cuando de su empleo pueden obtenerse cambios deseables en la conducta del productor (Arandía Op. cit., p. 73).

## **HISTORIA DE LA TRANSMISIÓN DE CONOCIMIENTOS EN MATERIA DE FERTILIZACIÓN**

Con los elementos conceptuales anteriormente precisados, vamos a aproximarnos a reseñar de manera breve algunos de los elementos que han caracterizado al proceso de transmisión de conocimientos, en lo referente a fertilidad y fertilización agrícola en Venezuela.

Hasta comienzos del siglo XX, la difusión de conocimientos, destrezas, habilidades de una generación a otra, en las labores agrícolas, se realizaba

principalmente a través de la familia y de la educación no formal. A raíz de la Reforma Educativa de 1911, se empieza a introducir nociones de agricultura en los programas educativos formales, abarcando los niveles de las escuelas Primarias, Secundarias y Normales. El énfasis es dado a la conservación de suelos, bosques y aguas como vía hacia la formación docente en este campo, con lo cual se abría cauce hacia los Programas Educativos diferenciados para el medio rural (Aguilera, 1995, p. 48-53). Posteriormente, se crearon cursos, escuelas prácticas y centros de demostración agrícola, en los cuales se impartían conocimientos sobre las técnicas más actuales de la época, que, en el caso de los suelos, se relacionaban especialmente con la preservación contra la erosión y fundamentos para su manejo mecanizado.

Es claro que las limitaciones en cuanto al conocimiento disponible en el país obstaculizaron la difusión en el área de la fertilización. En consecuencia, no fue sino hasta finales de los años 40 del siglo XX, que se comienza a mencionar, en función de los planes de fomento a la producción agrícola basados en una tecnología consistente en maquinarias, implementos, fertilizantes y otros agroquímicos” (Arias, 1993, p. 36).

Por otra parte, en cuanto a la organización institucional para la investigación, en lo relativo a las tierras de cultivo en el país, destaca la creación en 1937 del Laboratorio Agrícola Químico-Biológico del MAC. Dicho laboratorio es precursor de lo que luego sería el Centro de Investigaciones Agronómicas, cuyo propósito era la investigación (desde el punto de vista físico-químico) de las tierras de Venezuela que han de servir para fines agrícolas, de las aguas para su riego, de las plantas que se cultivan en esa tierra, de los fertilizantes que ayudan a su alimentación y de los productos que se derivan de esas plantas y, en general, de todas las materias relacionadas con la agricultura nacional” (Arrieta, 1995, p. 14).

En el año 1946, se creó la División de Extensión en el Ministerio de Agricultura y Cría, cuya misión era la de “modernizar la agricultura sobre la base de las técnicas y métodos logrados en el país o utilizando los foráneos que se adaptasen a nuestras condiciones”(Ibid p. 15).

Para 1947, el Departamento de Suelos del Instituto Experimental de Agricultura, adscrito al MAC, publicó un folleto con indicaciones sobre tomas de muestras e interpretación de los resultados de laboratorio. En su contenido se refiere que, para entonces, ya algunos agricultores y técnicos enviaban muestras

de suelos para su procesamiento en su sede de El Valle, Caracas (Estados Unidos de Venezuela, 1947, p. 5).

A partir de 1949, se enfatiza en la difusión organizada de las técnicas avanzadas, tales como maquinarias, equipos germoplasmas mejorados y agroquímicos, entre los cuales ya se alude directamente al uso de los fertilizantes.

En la década de los años 50, la difusión de estos conocimientos se activa por varias vías. Entre éstas destacan: la formación sistematizada de técnicos extensionistas; la asistencia técnico-financiera del Estado a los planes de producción agrícola, la incorporación de un importante grupo de agrotécnicos (peritos agrícolas, ingenieros agrónomos y médicos veterinarios) como productores de arroz en los llanos occidentales, y las orientaciones técnicas a los productores por parte de las empresas comercializadoras de maquinarias e insumos agrícolas.

En lo relativo a la fertilización, en 1950 comenzó a funcionar efectivamente el Instituto Nacional de Agricultura INA, creado en 1944, con fines de investigación, entre cuyas áreas figuraba el aspecto suelos. Para la misma época, se iniciaron algunos experimentos de fertilización en maíz, en suelos de sabanas, realizados en una granja experimental del MAC, en Acarigua, en el corazón de los llanos del occidente venezolano. Los resultados, transmitidos entre los agrotécnicos que eran también agricultores, en cierta forma dieron pie a las posteriores experiencias comerciales en ese y en otros rubros. Simultáneamente, desde 1949 y con el transcurrir de los años 50, el Estado venezolano acometió estudios agropecuarios e informes de tierras en una importante porción de esa región llanera.

En cuanto a la participación del sector privado, destaca en esta década la creación del Servicio Shell Para el Agricultor, auspiciado por la compañía Shell de Venezuela, con la finalidad de realizar investigación y asistencia técnica en cultivos. Esta organización ha constituido una de las experiencias más trascendentes en divulgación agrícola, por su calidad y por la continuidad temporal. Este organismo adoptó la denominación FUSAGRI a partir de la nacionalización petrolera en la década del 70.

Con el inicio de las operaciones del Instituto venezolano de Petroquímica (IVP), en 1958, toma forma el llamado “Complejo Fertilizantes”, representado por un grupo de plantas para la fabricación de productos nitrogenados y fosfáticos que, mezclados con otros elementos, ofrecían al agricultor un conjunto de fórmulas de abonos para diverso tipos de suelo y de cultivos. En 1963, el IVP publicó un folleto con una breve descripción de sus instalaciones, el cual contiene una tabla para el uso de sus diferentes fórmulas completas, para los 18 cultivos que entonces tenían mayor relevancia en el país. En la tabla se especifican las cantidades de abono recomendables, su época y modo de aplicación, y el rendimiento físico esperado por hectárea. Por otra parte, contiene una guía para la utilización de sus productos puros, con énfasis en la compatibilidad en la mezcla de abonos. En esta obra de divulgación se afirma, además, que no ha habido mayores avances en los proyectos futuros en este campo, dada la subestimación de la importancia que tiene esta industria para el desarrollo económico del país (Ministerio de Minas e Hidrocarburos, 1963, p. 52). Esto corrobora que, aún para los inicios de la llamada “década de oro” de la extensión agrícola en Venezuela, la fertilización no había adquirido la relevancia necesaria como soporte del moderno desarrollo de la agricultura nacional.

No obstante, a partir de 1960, con la promulgación de la Ley de Reforma Agraria, toma auge el Servicio de Extensión Agrícola para dar “asistencia integral a los productores del campo”. La magnitud de este propósito puede ilustrarse a través de las cifras del Instituto Agrario Nacional que afirmaba que para 1969, en el proceso de dotación de tierras fueron repartidos 1,8 millones de hectáreas, adquiridas a particulares y 2,8 millones de propiedad nacional, ejidos y baldías, en los cuales se asentaron 162.000 familias (Acedo, 1971, p. 217).

El pensamiento de entonces en cuanto a la capacitación, se plasmó en el IV Plan de la Nación, en el cual se asienta que ésta es la base de una organización capaz de establecer efectivos canales de participación para el hombre. Sin embargo algunos estudios señalaban en 1971, que la educación en el sector rural comprendía:

- a) La educación general;
- b) la enseñanza tecnológica;
- c) la educación fundamental

Sus argumentos se basaban en lo siguiente: “Aún más urgente y aún menos atendida que la enseñanza general es la enseñanza tecnológica, nuestros hombres del campo tienen que conocer principios elementales de química, de biología de meteorología, de mecánica; en una palabra, de técnicas agrícolas modernas”. (Ibid. p. 222). Efectivamente, para 1962 existían 164 Agencias de Extensión en el país y se contaba con especialistas en ese servicio agrícola para capacitar a los campesinos en esa tecnología novedosa.

En la década de los años 70, se inició la asistencia integral en los sistemas de riego en el país, mediante el concurso mancomunado de diversas instituciones públicas y privadas. En esta década, se plantearon críticas al Servicio de Extensión, dada la poca participación del campesinado en el mismo y a la deficiente contribución hacia una verdadera transformación de los productores, en cuanto al desarrollo agrícola. En este sentido, en una evaluación realizada por parte de instituciones gubernamentales, la calificaron de “poco exitosa y escasa significación en el país, por haber constituido una experiencia sobre la base de la implantación, alejada de la realidad venezolana” (Cols et Al., 1976, p. 24-25). Otras opiniones señalaron que lo que se había dado era una simple y llana transferencia de tecnología, que a veces no había llegado a asistencia técnica siquiera (Ibid. p. 24).

Entre los trabajos de entonces que se ocuparon de la divulgación sobre el tema edafológico y la fertilización está el “Estudio de los Suelos Venezolanos con Fines de Diagnóstico” realizado por el Servicio Shell para el Agricultor. En esta obra se asienta que, en razón de las frecuentes solicitudes de asesoramiento técnico en esta área, estimaron conveniente publicar unas normas para la toma de muestras de suelos, diagnóstico de deficiencias minerales, y una descripción de los métodos químicos para el análisis de suelos y plantas (Servicio Shell para el Agricultor, 1961). Además, esta Institución produjo varias modalidades de folletos, revistas y hojas divulgativas, en las cuales, a pesar de no ser el tema de mayor peso, se aludía a los fertilizantes químicos. La información suministrada se refería por lo general a las características de los productos recomendados y de mayor empleo en el país, e incluso a las precauciones para su uso.

Para esta época, el Instituto Venezolano de Petroquímica (IVP) fue el organismo estatal más destacado, en cuanto a difundir recomendaciones técnicas para el uso de fertilizantes químicos. Los servicios agrotécnicos de la Gerencia de Venta, producción, publicaciones gratuitas, de divulgación



agrícola, con recomendaciones en abonamiento para cultivos señalaban los rendimientos diferenciales con y sin la realización de esta práctica. En esas publicaciones, se informaba, además, sobre los equipos de atención al público representados por agentes agrotécnicos, distribuidos en 27 centros poblados del país. Del mismo modo, difundieron tablas de aplicaciones de las fórmulas recomendadas, incluyendo dosis y formas de colocación en las siembras.

También son memorables, como publicaciones divulgativas los excelentes folletos del Consejo de Bienestar Rural, dirigidos al campesinado a través de su programa de Adiestramiento Agropecuario Popular, mediante los cuales se divulgaba, entre otros temas, las normas y prácticas recomendadas acerca del uso de fertilizantes en los cultivos.

Para la década de los 70 del siglo XX, a la par que se fortalecía la investigación agrícola en el país, a través del FONAIAP (actualmente INIA), la difusión del conocimiento por vía gubernamental sufrió un contratiempo: Se eliminó la Dirección de Extensión del MAC y, en consecuencia, “los servicios de extensión fueron relegados a un segundo plano y se dio paso a lo que se conoció como la era de la asistencia técnica, pero sin una clara conceptualización de la misma (Arrieta, Op. cit., p. 18). En la década de los 80 se reafirmó tal tendencia, con la asignación al FONAIAP de las actividades oficiales de transferencia tecnológica, además de sus legítimas atribuciones en investigación agrícola. En ese lapso, las publicaciones constituyeron casi el único vínculo para comunicar sus hallazgos a técnicos y productores. En 1984, se creó en el MAC el servicio nacional de asistencia técnica, el cual no logró cubrir sus propósitos y se fue diluyendo en la discontinuidad administrativa gubernamental.

Paralelamente a estos cambios institucionales, el área de la difusión en fertilización se ve oxigenada por la investigación aplicada en el ámbito de fincas, generada por PALMAVEN en un convenio con el FONAIAP que trascendió hasta los inicios de la década de los 90. En dicho marco se generaban pruebas para dosificación en cultivos y evaluación de rendimientos. Su difusión se hacía mediante días de campo, charlas, conferencias y cartillas para el agricultor. Lo más destacado de estas acciones fue la orientación hacia una campaña “pedagógica” para racionalizar el consumo, sin inducir a un aumento de la demanda por abonos en el país. Este programa de carácter estatal se fue debilitando, en la medida que PEQUIVEN fue abriendo su comercialización a

la participación del sector privado. En consecuencia, en los años más recientes tomó fuerza el Sistema de Asistencia Técnica Integral (SATI), que tenía objetivos que iban más allá de la simple asistencia técnica (Gestión crediticia, seguro agrícola etc.) y la difusión quedó reducida a la intervención directa técnico-productor, con muy escasa producción de material divulgativo de apoyo (Díaz , 2000).

## **CONCLUSIONES**

Como conclusión de este apartado, se puede señalar que la divulgación de los conocimientos sobre fertilidad y fertilización, ha carecido de una política coherente, y en consecuencia se ha ido debilitando con el tiempo. Si bien es cierto que otros programas e instituciones de transferencia de tecnología agrícola se han venido incorporando al proceso sobre el tema, como el caso de las universidades y del Proyecto de Extensión MAC-Banco Mundial, la difusión no ha alcanzado la dimensión necesaria, tal como lo hemos constatado en nuestros estudios sobre el asunto.

El futuro de la “agricultura” del país, a pesar de las declaraciones de buena intención, luce incierta por diversas razones. En la reorganización ministerial más reciente desapareció el término “agricultura”, aunque con la globalización y las esperanzadoras políticas generales esbozadas para el país en estos nuevos tiempos, esta actividad se convierte necesariamente en un asunto de Estado, dentro del contexto del desarrollo sustentable. A este respecto, PALMAVEN, componente estatal fundamental en el manejo del tema de la fertilización, parece orientarse hacia un proyecto “verde” con altos componentes de las dimensiones, ecológica y social. Por otro lado, la sociedad civil ha impulsado un conjunto de experiencias en agroecología, que sí bien aún lucen dispersas y poco estructuradas, van abriendo camino hacia lo que se denomina el “manejo ecológico del suelo”. En esta modalidad se incluyen, entre otros aspectos, la fertilización con materiales de desecho - orgánicos e inorgánicos - y otras prácticas, como las asociaciones y rotaciones de cultivos, que constituyen soluciones alternativas para determinados tipos de productores agrícolas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Acedo, M.C. 1971. Venezuela Ruta y Destino. Fondo Editorial Común. 2° Edición. Caracas, 496 p.
- Agroplan. 1996. Boletín AGROPLAN.(Ven) 6 (57).
- Arandia, R. 1988. Conceptualización sobre extensión agrícola y la asistencia técnica. Desarrollo Rural (Ven) N° 10: 71-81.
- Arias, L. 1993. La tecnología en la agricultura venezolana. Evolución y perspectivas. Fundación Polar. Caracas, 146 p.
- Arrieta, P. 1995. La transferencia tecnológica en el Sector Agrícola. Unellez-Fundación Polar. Caracas, 44 p.
- Bernal, J. 1972. La ciencia en la historia. Universidad Nacional Autónoma de México, 2° ed. México, 647 p.
- Casanova, E. 1982 Uso económico de los fertilizantes en Venezuela. Ponencia presentada en el Taller «Uso y manejo de los fertilizantes en función de la máxima eficiencia». Caracas, mimeo, 14 p.
- Cols, M. et al., 1996. La transferencia de tecnología al agro venezolano. Seminario de «Desarrollo Científico y Tecnológico en el Sector Agrícola Venezolano». Convenio CONICIT-CENDES-Caracas, mimeo, 51 p.
- Díaz, N. 2.000. Entrevista a informante calificado. Comunicación personal. Estados Unidos De Venezuela, 1947, Indicaciones sobre toma de muestras de suelos en el campo. Tipografía Garrido, Caracas, 47p.
- FAO. 1981. Los fertilizantes en el desarrollo agrario. Políticas de precios y subsidios. FAO-FIAC, Roma, 36 p.
- Mendoza Sánchez, Baudilio, 1998, Tecnología y Modernización Agrícola en Venezuela. El caso de los Sistemas de Producción en los Llanos Occidentales, UNELLEZ 323 p., Barinas, Venezuela.

- Ministerio de Minas e Hidrocarburos, 1963, Instituto Venezolano de Petro-química, Caracas, 52p.
- Palacios, A. 1984. Los fertilizantes en Venezuela. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. Boletín Técnico N°44, Caracas, Venezuela.
- Ramírez E. « Políticas de fertilizantes en Venezuela», (Conferencia) Actas del Seminario organizado en Mérida (Venezuela) del 1 al 3 de junio de 1995, Alianza Francesa Mérida, ORSTOM (Eds).
- Ramírez, R. 1984. La investigación en fertilidad de suelos en Venezuela. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. Boletín Técnico N° 44, Caracas, Venezuela.
- Ramsay, J. Beltran, L., 1989. Extensión Agraria. Estrategia para el desarrollo rural. Nueva Era, Maracay, Venezuela. 448 p.
- Rodríguez B. J. Chacin M., G., 1988. Propuesta para el desarrollo de una metodología de transferencia de tecnología al productor agropecuario en Venezuela. MAC-FONAIAP-PRODETEC. Serie D N°15. Ven. 154 p.
- Sánchez, C. F., 1990. La fertilización como factor determinante del funcionamiento y resultados de la agricultura. Fundación Polar. Caracas, Ven. Mimeo. 58 p.
- Servicio Shell para el agricultor., 1961. Estudio de los suelos venezolanos con fines de diagnóstico. Fundación Shell. Cagua, Ven. 118 p.



---

## EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ARROZ EN LOS LLANOS OCCIDENTALES DE VENEZUELA

*Luis E. Alvarez*

### INTRODUCCIÓN

En Venezuela, existía en el año 2000 una disponibilidad de 3 millones de hectáreas de suelos aptos y de 4,8 millones de hectáreas de suelos medianamente aptos para el cultivo de arroz (Comerma *et al.* 1990). Se sembraban alrededor de 150.000 ha por año, con costos de producción cercanos a US\$ 1.500 por hectárea, con un rendimiento promedio de grano de 4.400 kg/ha, para una producción de unos 780.000 Mg de grano en 2,3 ciclos anuales.

En razón de la destrucción y agotamiento de los suelos utilizados para el cultivo de arroz, (excesiva contaminación ambiental, monocultivo y preparación del suelo mediante fanguero o batido del barro, dificultades en el control de plagas), se corre el grave riesgo de que los productores, que han explotado de manera intensiva y destructiva las tierras bajo producción actual, se trasladen a las nuevas reservas de  $4,8 \times 10^6$  ha de tierras medianamente aptas, utilizando los mismos métodos de cultivo, destruyéndolas también.

El cultivo del arroz se ha desarrollado en tierras de los Llanos Occidentales, principalmente en el estado Portuguesa (60% de la producción nacional) y en los estados Cojedes y Barinas, dadas las condiciones de la tierra que allí, favorecen el desarrollo del cultivo. También existe una importante región arrocera en los Llanos Centrales (estado Guárico), abastecida principalmente por la represa del río Guárico.

En los Llanos Occidentales de Venezuela, se presentan características edafoclimáticas muy adecuadas para la producción de arroz. Las elevadas temperaturas que se manifiestan durante todo el año (promedio anual de 27 °C y 10 °C de amplitud), no limitan la producción del cultivo. La precipitación media anual, de 1.560 mm, cae en la estación húmeda (entre mayo y octubre) y se caracteriza por la irregularidad del régimen de lluvias dentro de la estación. La evaporación es de 1.816 mm y la evapotranspiración potencial alcanza a 1.453 mm. El clima tropical de la zona, la predominancia de suelos planos, de texturas finas, con problemas de drenaje, y la abundancia de fuentes de agua para riego (que se extrae de pozos cuya profundidad varía entre 80 y 120 m, con caudales de 80 a 120 L s<sup>-1</sup>) determinan la aptitud de la zona para la siembra de arroz. De hecho, desde 1948, el gobierno nacional promovió el Plan Arrocero de Turén (estado Portuguesa), dando inicio a la producción agropecuaria mecanizada en gran escala. Luego, por el interés de incrementar la producción nacional de alimentos y la disponibilidad de dinero procedente de la exportación de petróleo, se subsidio la producción de arroz lo que aseguró, durante años, la autosuficiencia del país en dicho rubro. En 1989, el gobierno nacional inició una nueva política que redujo sustancialmente los subsidios, comenzando un proceso de cambio hacia una agricultura moderna, competitiva, respetuosa del medio ambiente y sostenible a largo plazo.

Los suelos de la región de los Llanos Occidentales se caracterizan por su gran variabilidad espacial. En el Cuadro 11.1, se presenta una descripción general de dos de estos suelos, considerados como representativos de los más utilizados en la siembra de arroz (Alvarez 1997). Casi todos los suelos de los Llanos Occidentales han sido aprovechados con cultivos altamente mecanizados (arroz, maíz, sorgo, caña de azúcar, algodón, ajonjolí). Dado el abuso del monocultivo, la mayor parte de los suelos tienen problemas físicos (destrucción de la estructura, sellado superficial, formación de capas compactas) que se vinculan, con sus bajos contenidos de materia orgánica y de elementos químicos nutritivos. Con la aparición de desequilibrios nutricionales, bajan los rendimientos, aumentan los costos de producción y la contaminación ambiental. Estos problemas deben ser corregidos a la brevedad posible, pues la recuperación de estos suelos es un proceso largo y costoso.

Las universidades y los centros de investigaciones agropecuarias, tienen el reto de a la vez impedir esta destrucción del medio ambiente

llanero y, para satisfacer la demanda de una población en crecimiento, aumentar la producción agropecuaria.

**Cuadro 11.1.** Descripción de dos series de suelos cultivados con arroz, ubicados en el estado Portuguesa.

Serie Méndez Inceptisol		Serie Cumarepo Inceptisol.	
0 – 9cm A11	Arcillo-limoso (AL). Gris. Estructura maciza. pH 6,1	0 -20cm A11	Arcillo-limoso (AL). Gris claro. Est. Blocosa. pH 6,15
9- 26cm A12	Arcillo-limoso (AL). Gris claro. Estructura maciza. pH 5,3	20 -48 cm A12	Arcillo-limoso (AL). Marrón gris con moteado marrón oliva claro. Con- creciones de Fe. pH 5,6
26 – 58cm A3	Arcillo-limoso (AL). Gris claro con moteado amarillo- marrón. Estructura blocosa. Concreciones de hierro. pH 5,6	48 - 89cm B21	Arcillo-limoso (AL).. Negro con moteado marrón. Concreciones de Fe. Sin reacción al HCl. PH 6,65.
58 – 80cm B21	Arcillo-limoso (AL).. Gris con moteados amarillos. Estructura prismática. Concreciones Fe. pH 5,9	89 - 130cm B22	Arcillo-limoso (AL).. Gris muy oscuro con moteados marrón amarillos. concreciones Fe. Reacción violenta al HCl. pH 7,6
80 – 104 cm B22	Franco Arcillo Limoso (FAL). Gris con moteado amarillo. Estructura prismática. Concreciones Fe. pH 5,6	130- 175cm B23	Arcilloso (A). Gris oliva con moteados marrón amarillos. Concr. Fe y Ca. Reacción violenta al HCl. pH 7,55
104 - 154cm C1	Franco Arcillo Limoso (FAL).. Gris con moteado marrón muy pálido. pH 7,3	175 cm + IIC1	Arcillo arenosa (Aa). Moteados marrón-amarillo. Concreciones Ca. Mica.
154 - 183cm	Franco Arcillo Limoso (FAL).. Gris claro moteado amarillo. pH 7,3		
183– 200 cm	Arcilloso (A). Moteado amarillo. Conc. Fe.		

Se trata de cambiar totalmente el sistema de producción tradicional.

La primera medida que sería necesario tomar es la preparación de los futuros profesionales y la actualización de los que están trabajando en el área.



La primera preocupación será de darles una idea clara del significado de la noción de sostenibilidad y en consecuencia de las medidas que deben tomarse para lograr, de manera sostenida es decir, de manera racional y respetuosa del medio ambiente, la producción de alimentos y materias primas para la industria. Aun cuando se trata de un proceso intelectual lento y difícil, debe producirse este cambio de mentalidad para lograr estos objetivos en el sector agropecuario. Para ello, es indispensable el apoyo de instituciones educativas dedicadas al desarrollo rural. Tal es el caso de la Universidad Ezequiel Zamora (UNELLEZ), ubicada en los Llanos Occidentales de Venezuela (con influencia directa sobre los estados Portuguesa (15.200 km<sup>2</sup>), Cojedes (14.800 km<sup>2</sup>), Barinas (35.200 km<sup>2</sup>) y Apure (76.500 km<sup>2</sup>) estados que constituyen la zona agropecuaria más importante del país. La UNELLEZ deberá continuar haciendo estos grandes esfuerzos para cambiar las mentalidades, especialmente mediante la formación de jóvenes técnicos, futuros agentes de cambio que necesita la región Llanera.

Como un ejemplo de la manera de enfocar los problemas de la agricultura llanera examinaremos las características del sistema de producción de arroz en los Llanos Occidentales, empezando por los problemas de nutrición del cultivo, y continuando por las soluciones que aseguren su productividad, rentabilidad y sostenibilidad. Esperamos que un esfuerzo similar se haga para los otros cultivos de la región y que así se optimice el uso de estas tierras llaneras.

## **ANÁLISIS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ARROZ: PRODUCTIVIDAD, RENTABILIDAD.**

### ***Desarrollo de la fertilización y del riego en el cultivo de arroz en los Llanos Occidentales***

En 1948, al inicio de la puesta en marcha del Plan Arrocero de Turén, se sembraban, en el estado Portuguesa, variedades de arroz del tipo de planta tradicional, como Llanero 501, de porte alto, muy susceptibles al vuelco o acame, y de baja productividad. En esa época no había herbicidas para controlar eficazmente las malezas, especialmente la gramínea *Echinochloa colona* L., llamada vulgarmente Paja americana, considerada como una de las malezas más competitivas con el cultivo. Estas dos principales dificultades limitaban los

rendimientos en grano, que podían llegar en años climáticamente favorables, a unos 3–3,5 Mg/ha. Con la introducción de variedades de plantas de tipo moderno seleccionadas en ambiente tropical (como Cica 4 o Araure 1, resistentes al acame y con alto rendimiento potencial, en condiciones de altas dosis de fertilizantes), así como el herbicida de contacto Propanil, que controla eficazmente las malezas, (especialmente la Paja americana), los productores arroceros llegaron a duplicar, en algunos casos, los resultados obtenidos con las variedades tradicionales. Pero estos rendimientos mayores implicaban también tomar nuevas medidas de manejo del cultivo, como la nivelación de los campos, la construcción de perforaciones para la extracción de agua de riego y la fertilización, indispensables para la obtención de una elevada productividad. Actualmente, ningún agricultor se arriesga a cultivar arroz si no dispone de riego. La irregularidad de las precipitaciones y los elevados costos de producción, pueden provocar bajos rendimientos o incluso pérdida de la cosecha, al faltar el agua durante períodos críticos de desarrollo del cultivo. Los agricultores consideraron, entonces, imposible la siembra sin riego integral durante la estación seca del año, o complementario de las lluvias durante la estación húmeda. Además, ellos sabían que si no fertilizaban su cultivo, especialmente con nitrógeno, los rendimientos hubieran sido muy bajos o inexistentes y no se arriesgaban a sembrar arroz sin fertilizarlo. Ante los resultados espectaculares debidos a la fertilización, existió durante años la creencia de que a mayor cantidad de fertilizante aplicado mayor eran los rendimientos. Esta creencia comenzó a debilitarse al comprobar que las elevadas dosis, asociadas a la desmesurada intensificación del cultivo, elevó la magnitud de sus problemas (acame, difícil control de malezas, plagas, enfermedades, etc.) a niveles controlables sólo mediante la exagerada aplicación de agroquímicos.

Se puede citar como ejemplo de fertilización exagerada, la utilizada recientemente en una empresa muy importante y tecnificada, productora de grano de arroz para consumo y también de semilla certificada, ubicada en Payara, estado Portuguesa. Allí se prepara el suelo mediante fanguero, se siembra semilla pregerminada, dos días después, luego de un riego, se aplican 200 kg/ha del fertilizante fórmula 20-10-18, con Cinc y Magnesio. Treinta días después de la siembra aplican 200 kg/ha de la fórmula 23-0-25. A los 60-65 días aplican 100 kg/ha de Urea y a los 75-80 días, 130 a 150 kg/ha de Sulfato de Amonio. Indudablemente se trata de una fertilización exagerada, sin ningún

fundamento técnico, en la que no se considera su eficiencia, rentabilidad, ni mucho menos, la potencial contaminación ambiental de esta práctica.

Durante el período en que los subsidios se eliminaron completamente (1993-2000), los productores tomaron conciencia de que el fertilizante nitrogenado constituye un insumo que, aunque caro, es imprescindible porque eleva la eficiencia de utilización, la productividad y rentabilidad de los cultivos. Pero tomaron también conciencia de la importancia de hacer un uso racional y eficiente del fertilizante, para no elevar innecesariamente sus costos de producción y constituir un serio factor de contaminación ambiental. Para junio del año 2001, la Urea y el fertilizante fórmula 14-14-14, producidos por Pequiven, volvieron a recibir un 20 % de subsidio estatal, tratándose de estimular la producción sin provocar tampoco abuso peligroso.

### ***Resultados de experimentos de fertilización del cultivo de arroz en los Llanos Occidentales***

#### **Fertilización nitrogenada**

Ante el mal uso de los fertilizantes, el Programa de Producción Agrícola Vegetal de la Universidad Ezequiel Zamora procedió a evaluar la respuesta del arroz a la aplicación de nitrógeno, el elemento más importante en la determinación del rendimiento en grano.

Durante el período de lluvias de 1982, en condiciones de secano mejorado (que consiste en la construcción de los muros sobre curvas de nivel para la retención del agua de lluvias, pues no se riega) se compararon tres tratamientos:

- la aplicación de fertilizante nitrogenado en una sola dosis incorporada al suelo en el momento de la siembra
- la aplicación en dosis única al inicio del período reproductivo del cultivo,
- el fraccionamiento del aporte fertilizante, la mitad de la dosis incorporada al suelo,
- a la siembra y la otra mitad al inicio del período reproductivo.

La variedad sembrada fue Araure 1, de tipo de planta moderno. La aplicación fraccionada del fertilizante nitrogenado rindió 62 % más que las

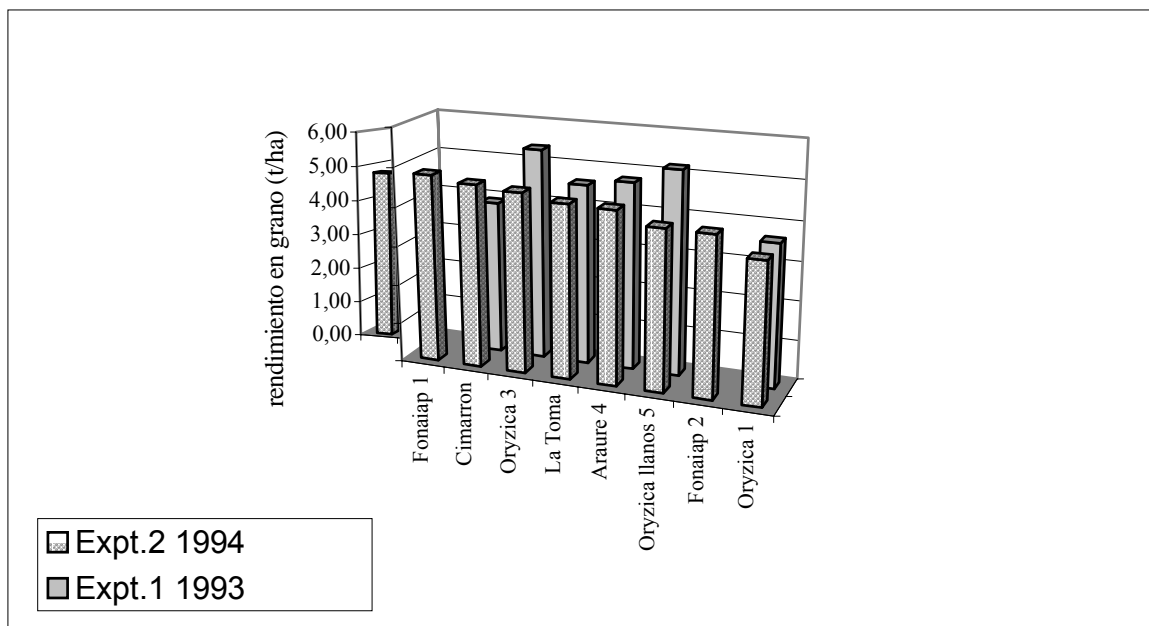
aplicaciones únicas. Con  $40 \text{ kg N ha}^{-1}$  se obtuvo la mayor rentabilidad de la fertilización nitrogenada y la mayor eficiencia productiva del experimento (Alvarez 1982). Una vez demostrada la eficiencia del fraccionamiento del N, se determinó que en condiciones de riego, tanto durante el período seco 1983-1984, como en el de lluvias de 1986, el fraccionamiento de  $80 \text{ kg N ha}^{-1}$  (la mitad a la siembra y la otra mitad al inicio del período reproductivo del arroz) produjo los mayores rendimientos en grano (Alvarez 1992a). La rentabilidad de la fertilización nitrogenada fue de 393 % en el período seco y 625 % en el de lluvias. La eficiencia productiva en el período de lluvias fue 22,9 kg de grano por kg de fertilizante nitrogenado aplicado, y en el seco fue 15,2 (Alvarez 1992b).

Durante estos dos períodos, estación seca de 1983-84 y estación de lluvias de 1986, bajo riego, se evaluó la respuesta del arroz a la aplicación de cinco dosis de nitrógeno, cinco de fósforo y cinco de potasio. En el período seco, se obtuvo el rendimiento máximo de grano:  $5.211 \text{ kg ha}^{-1}$ , con la aplicación de  $160 \text{ kg N ha}^{-1}$ ,  $46 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$  y  $38 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ . En la estación lluviosa, el rendimiento máximo se logró con  $91 \text{ kg N ha}^{-1}$ ,  $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$  y  $57 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ . No hubo respuesta a las aplicaciones de P y K, pero los mayores rendimientos se obtuvieron cuando se fertilizó con los tres elementos (Alvarez *et al.* 1985, Alvarez *et al.* 1988).

### **Comparación de variedades**

Al contar con una base experimental para optimizar la fertilización de arroz en la región, se procedió a evaluar la respuesta a la fertilización nitrogenada de las variedades sembradas por los agricultores. En el período de lluvias de 1993, en un campo (anteriormente sembrado con maíz), se instaló un ensayo (experimento 1) para evaluar la respuesta de las variedades de arroz: Cimarrón, Araure 4, Oryzica 3, Oryzica 1, Oryzica Llanos 5 y La Toma, a cinco dosis de fertilizante nitrogenado: 0, 60, 120, 180 y  $240 \text{ kg N ha}^{-1}$ .

Al sembrar un ensayo similar durante el período de lluvias del siguiente año (experimento 2), pero en campo nuevo, recién deforestado, de menor fertilidad (pues el horizonte superficial del suelo había sido removido en las labores de nivelación), se obtuvieron resultados muy diferentes, tal como se observa en la Figura 11.1.



**Figura 11.1.** Comparación de variedades de arroz en dos experimentos

El comportamiento de los cultivares, como de las dosis de N aplicadas, fue diferente en los dos años. La variedad Cimarrón en 1993 ocupó el penúltimo lugar en cuanto a rendimiento en grano, debido al ataque de enfermedades fungosas y al acame mientras que las variedades Oryzica 3 y 5 dieron los mejores rendimientos.

Por lo contrario, en el período de lluvias de 1994, los mayores rendimientos se obtuvieron con Cimarrón y Fonaiaip 1 fertilizadas con 240 kg N/ha (Alvarez 2000) en 1994. En condiciones similares, las variedades Oryzica 5 y 1 fueron muy atacadas por hongos, pero Cimarrón se comportó como resistente y no se acamó. Esto indica la gran importancia de las condiciones ambientales y de manejo, en la determinación del comportamiento de los cultivares y de sus rendimientos. Igualmente la respuesta a la fertilización nitrogenada fue diferente, obteniendo en este año las máximas respuestas con el doble de la dosis de nitrógeno que el anterior.

## **Papel de la modelización, ejemplo de aplicación**

Esta variabilidad en el comportamiento llevó a cambiar el enfoque de la investigación. Se hizo necesario cuantificar la influencia de los principales factores componentes del sistema de producción de arroz y sus interacciones en la respuesta de las diferentes variedades, para lograr cierto dominio de la variabilidad involucrada.

Se consideró lo indicado por Norero (1982): la experimentación agronómica tradicional, que es de carácter inductivo, trata de generalizar partiendo de experiencias locales, basándose en métodos empíricos con validez y aplicación local. Se trata de experiencias cuyos resultados no pueden aplicarse hasta que no se consiga una reproductibilidad satisfactoria. Este método consume mucho tiempo y dinero, y no es sencillo armonizar los resultados de las diferentes investigaciones disciplinarias.

En cambio, el método deductivo pasa de lo general a lo particular, se formulan teorías basadas en principios y fundamentos, y se aprueban mediante experiencias que, aplicando el método científico, integran todas las variables que intervienen en la producción. Se analizan experiencias propias o de otras latitudes y se elaboran hipótesis, que permiten confeccionar modelos de producción para predecir resultados. Los modelos que utilizan este método, son una representación de la realidad, lo que implica una idealización con simplificación de detalles que permiten establecer conclusiones acerca de la misma, mediante el uso de una serie de ecuaciones matemáticas que representan la estructura y funcionamiento de un sistema de producción.

Mediante el uso de modelos de simulación debidamente validados, podría determinarse la influencia respectiva de un amplio rango de variables que inciden en la producción de arroz, para así precisar como debe ser modificada la planta y su manejo e incrementar su rendimiento (IRRI 1990).

Ante la necesidad de incrementar la productividad y eficiencia en el uso de recursos, a nivel mundial, Kropff *et al.* (1995) indican que es indispensable la resolución de problemas mediante el análisis de los sistemas agrícolas, su estudio sistemático y cuantitativo, y su síntesis en conceptos comprensivos y funcionales.

Para ello, se recurrió al análisis del sistema de producción mediante un modelo matemático que simula el crecimiento, desarrollo y producción del arroz, en condiciones de los Llanos Occidentales Venezolanos. Para iniciar esta investigación se escogió evaluar el modelo CERES-rice.

### **Aplicación del modelo de simulación CERES-rice.**

El modelo CERES (Crop-Environment Resource Synthesis)-rice, simula el crecimiento, desarrollo y producción de diferentes variedades de arroz bajo cualquier condición agroclimática. Simula principalmente el desarrollo en fases o estados de crecimiento, dependientes del genotipo y de factores ambientales, la producción y distribución de la biomasa, dinámica del sistema radical, efecto de deficiencias de agua y nitrógeno, la fotosíntesis y la distribución de sus productos en el sistema planta (Ritchie *et al.* 1986), pero para su utilización es fundamental validarlo, asegurando su correcto funcionamiento al compararlo con datos medidos (Singh *et al.* 1990).

### **Ejemplo de simulación del sistema de producción de arroz en los Llanos Occidentales.**

#### *Condiciones experimentales*

Para describir el sistema de producción de arroz, se indican algunas características registradas en un experimento realizado durante el período de lluvias de 1997, en una finca arrocera ubicada a 18 km de la ciudad de Guanare, capital del estado Portuguesa. En condiciones de riego complementario a las lluvias, se estableció un ensayo para validar el modelo de simulación del crecimiento y la producción de arroz CERES-rice (Alvarez 1998). En el Anexo I se indican algunas características del suelo:

Se trataba de un suelo poco explotado, representativo de los que se sembrarán con arroz una vez agotados y destruidos los suelos más aptos para el cultivo de arroz y sobre-explotados a que hemos hecho referencia. Estaba ubicado en un bosque de galería (árboles de unos 30 m de altura), que fue desforestado y sembrado dos años con arroz bajo riego. El suelo fue preparado en seco

con rastras pesadas (*Big Rome*) y livianas. La velocidad de infiltración del agua en el suelo fue 11,1 mm/hora.

Se sembró la variedad Fonaiap 1 de 121 días de ciclo emergencia-cosecha. La fertilización, de acuerdo a lo recomendado por Alvarez (1997<sub>a</sub>) para estas condiciones, consistió en la aplicación basal de 120 kg N/ha como Urea, en dos fracciones, una a la siembra y la otra al inicio del período reproductivo, además de 46 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> como Superfosfato triple y 60 kg K<sub>2</sub>O/ha como Cloruro de Potasio. Se aplicaron 1.977 mm de agua para riego complementario a las lluvias. Solamente se utilizó un herbicida y un insecticida para control de gusano cogollero (*Spodoptera fugiperda*).

#### *Comparación de resultados obtenidos y de simulaciones*

En el Cuadro 11.2, se presentan algunos resultados obtenidos experimentalmente y los estimados con el modelo CERES-rice.

**Cuadro 11.2.** Comportamiento medido y simulado del arroz. Resultados preliminares. Finca Soropo. Municipio Guanare. Período de lluvias 1997.

Variable	Valor estimado	Valor medido
Fecha de iniciación de la panícula (días después de la siembra)	54	54
Fecha de floración	90	90
Fecha de madurez fisiológica (dds)	117	123
Rendimiento en grano (kg/ha), 14 % de humedad	7.618	7.683
Peso de grano (g)	0,030	0,030
Número de granos/m <sup>2</sup>	21.838	19.308
Número de panículas/m <sup>2</sup>	673,08	258,7
Biomasa (kg/ha) en la antesis	7.626	9.579
Biomasa (kg/ha) en la madurez fisiológica	12.248	12.757

Se observa un acuerdo entre los datos estimados por el modelo y los medidos en el campo, en las variables de desarrollo del cultivo (las tres fechas), en el rendimiento en grano, el peso de grano, producción de biomasa a la madurez fisiológica, debiendo calibrar el modelo para lograr mejor coincidencia



en el número de granos/m<sup>2</sup>, número de panículas/m<sup>2</sup> y producción de biomasa en la antesis. En producción de biomasa aérea la correlación entre datos medidos y simulados fue 0,98.

Este experimento se repitió en una finca cercana a la anterior durante el período de lluvias del año 2000. Solo se varió la forma de aplicación del fertilizante nitrogenado en tres momentos de desarrollo del cultivo, sembrando sobre un suelo que había sido cultivado con caña de azúcar durante los últimos ocho años. Los resultados preliminares se muestran en el Cuadro 11.3.

**Cuadro 11.3.** Comportamiento medido y simulado del arroz. Resultados preliminares. Finca Santa Ana. Municipio Guanare. Período de lluvias año 2000.

Variable	Valor estimado	Valor medido
Fecha de iniciación de la panícula (días después de la siembra)	55	54
Inicio de floración (días)	90	82
Madurez fisiológica (días)	119	118
Rendimiento en grano (kg/ha), 14 % de humedad	8.049	8.002
Peso de grano (g)	0.03	0.0325
Número de granos / m <sup>2</sup>	23.074	32.445
Número de panículas / m <sup>2</sup>	573,71	252
Biomasa a la madurez funcional (kg Ms ha <sup>-1</sup> )	12.057	15.230

Estos resultados preliminares necesitaban operaciones de recalibración del modelo basadas en la información correspondiente al período seco 2000-2001. Pero fueron suficientes para indicar que el modelo era capaz de simular con adecuada precisión el comportamiento del cultivo, para las variables de su desarrollo (duración del ciclo hasta el inicio de su período reproductivo, de la floración y de la madurez fisiológica).

El modelo también simulaba adecuadamente el rendimiento en grano y en biomasa a la cosecha y el peso del grano, pero fallaba en la predicción de los componentes del rendimiento: número de panículas/m<sup>2</sup>, número de granos/m<sup>2</sup>, producción de biomasa en la antesis. Luego se desarrolló una etapa del análisis de los experimentos anteriores; el modelo permite realizar este análisis; si se hubiera utilizando solamente un método tradicional de investigación, que

plantea una situación única, que no admite variación, hubieramos debido conformarnos con este resultado, debiendo especular sobre lo que ocurrió para obtenerlo.

### *Análisis económico*

Consideraremos primero los resultados producto de las mediciones en el período de lluvias de 1997, los cuales se muestran en el Cuadro 11.4.

**Cuadro 11.4.** Rendimiento en grano y en biomasa, medidos en el periodo de lluvias de 1997

Rendimiento en grano (kg/ha)	Rendimiento en paja (kg MS/ha)	Número de panículas/m <sup>2</sup>	Número de granos/panícula	Peso de grano (g)
7.683	12.757	259	75	0.03

Puede afirmarse que se trata de un elevado rendimiento en grano, que obtendría un agricultor con un cultivo muy bien manejado. En condiciones reales de producción, hemos estimado un costo de producción de US\$ 1.480 ha<sup>-1</sup> (Alvarez 1999 a), que ante el precio pagado al productor de US\$ 0,21 kg<sup>-1</sup>, dejaría un ingreso bruto de US\$ 1.268 ha<sup>-1</sup> y una rentabilidad negativa. En conclusión, utilizando el sistema tradicional de cultivo del arroz, no hay ganancias sino pérdidas del orden de 200 US\$ .

Pero si se modifica el sistema de tradicional de producción, utilizando técnicas de:

- control integrado de malezas (control mecánico mediante la preparación del suelo (sin fragueo) por cero o mínima labranza)
- nivelación del terreno que permite la inundación temprana del cultivo,
- alta densidad de siembra,
- alto vigor de las variedades,
- siembra con semilla pre-germinada en suelo inundado,
- aumento de la eficiencia de utilización de los fertilizantes, especialmente nitrogenados,

- rotación con pasturas u otros cultivos o con barbechos laboreados, etc,
- control integrado de insectos (control biológico o sólo una aplicación de insecticida para control de *Spodeptera fugiperda*),
- control integrado de enfermedades (siembra de variedades resistentes, menor cantidad de inóculo de las principales enfermedades debido a la rotación de cultivos),
- control de plagas (vertebrados) (mediante la rotación de cultivos, promoción de enemigos naturales, ahuyentarlos con ruidos, etc)

Podrían así, reducirse los costos a US\$ 1.278 por hectárea, lo que permitiría una ganancia de US\$ 139 por hectárea, y una rentabilidad de la inversión de 11 % en 6 meses. Pero esta predicción de rentabilidad sólo podría realizarse mediante la utilización de un sistema de producción diferente al tradicional, con un modelo validado para estas condiciones, y que simule eficientemente el efecto y las interacciones de estas medidas de manejo sobre el rendimiento final. El tiempo y el costo necesarios para la obtención de resultados confiables por la vía experimental clásica, harían imposible encontrar en un tiempo prudencial la respuesta a las interrogantes de los productores.

### ***Recomendaciones para incrementar la sostenibilidad del sistema***

Para tratar de encontrar soluciones al problema de la producción arrocerá, mediante el análisis del sistema con un modelo de simulación se utilizaron los datos del suelo presentados en los Cuadros 11.5 y 11.6, los datos climáticos registrados en la estación meteorológica del aeropuerto de Guanare entre los años 1984 y 1994, los generados con el programa Weatherman (Hansen *et al.* 1994) hasta el año 2007, con la variedad de arroz Fonaiap 1. Ello permitió estimar el efecto del monocultivo de arroz (2 cosechas por año) y de la rotación de arroz-soya, durante 25 años (Alvarez 1999 b). Los resultados se resumen en el Cuadro 11.7.

**Cuadro 11.5.** Características químicas y texturales del suelo utilizado en el área experimental. Período de lluvias de 1997. Municipio Guanare. Estado Portuguesa.

Prof. (cm)	Mat. org. (%)	N Total (%)	PH (1:2)	Cond. electr. (dS/m)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K (mg kg <sup>-1</sup> )	Clase Text.	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)
0-10	3.30	0.24	5.85	0.29	10.7	165	FAL	7.8	29.0	63.2
10-20	2.82	0.23	6.37	0.19	20.0	130	FAL	7.3	29.5	63.2
20-30	2.75	0.22	6.45	0.15	18.7	81	FAL	6.8	31.5	61.7
30-40	2.50	0.21	6.47	0.10	19.5	61	FAL	7.3	34.5	58.2
40-50	2.43	0.20	6.32	0.10	18.7	69	FAL	11.8	35.0	51.1

**Cuadro 11.6.** Características hídricas del suelo. Período de lluvias de 1997.

Profundidad (cm)	Humedad en el punto de marchitez permanente (%)	Humedad a capacidad de Campo (%)	Humedad a Saturación (%)	Densidad aparente (Mg/m <sup>3</sup> )
0-10	0.165	0.304	0.395	1.30
10-20	0.167	0.307	0.394	1.30
20-30	0.176	0.315	0.393	1.30
30-40	0.189	0.326	0.394	1.40
40-50	0.191	0.325	0.403	1.50

**Cuadro 11.7.** Evolución del C orgánico (OCAM) y del N orgánico del suelo (ONAM) durante 25 años, bajo monocultivo de arroz y en la rotación arroz-soya.

Rotación	Soya-Arroz		Arroz-monocultivo	
	ONAM (kg N ha <sup>-1</sup> )	OCAM (Mg C ha <sup>-1</sup> )	ONAM (kg N ha <sup>-1</sup> )	OCAM (Mg C ha <sup>-1</sup> )
Año				
1993	14.740	107	14.696	106
2007	11.975	88	11.657	71
Reducción en 25 años	2.765 (19%)	19 (18%)	3.039 (21%)	35 (33%)
Tasa anual de reducción	111	0,76	121	1,40

La implementación de medidas de mejoramiento del sistema de producción de arroz, como las indicadas, debería permitir el logro de una mayor producción, rentabilidad y sustentabilidad en este sistema que se ha caracterizado por ser altamente destructivo y contaminante del medio ambiente. Se evidencia, mediante los resultados de la simulación presentada que la rotación arroz-soya puede frenar el deterioro del suelo, pero no lo elimina totalmente. Debido al mal drenaje característico de los suelos llaneros utilizados, se descartaría entonces la soya como fuente de ingresos adicional

para el agricultor, debiendo probarse otras leguminosas y especies forrajeras para asegurar la productividad del arroz y, por ende, la rentabilidad y sostenibilidad del sistema de producción.

## **CONCLUSIONES**

El análisis del sistema de producción de arroz en los Llanos de Venezuela, mediante modelos debidamente validados para simular el crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo, puede constituirse en un valioso ejemplo de apoyo a la transferencia de agrotecnología. Esperamos que se utilizará cada vez más para incrementar la productividad, rentabilidad y sustentabilidad de las empresas agropecuarias dedicadas no solamente al mono cultivo de arroz sino a todos los rubros de la agricultura llanera.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Alvarez, L. 1982. Efectos de niveles de nitrógeno en dosis únicas y fraccionadas, sobre el rendimiento del arroz variedad Araure 1. Primeras jornadas técnicas de investigación. Programa de producción agrícola vegetal. UNELLEZ. 7 y 8 de diciembre de 1982. Guanare. Venezuela.
- Alvarez, L., González, R. y Guerrero, J. 1985. Evaluación de la respuesta del arroz a la fertilización NPK, en un Vertisol en el estado Portuguesa. Terceras jornadas técnicas de investigación. Programa de producción agrícola vegetal. UNELLEZ. Guanare. 25 Y 26 de febrero de 1985.
- Alvarez, L. 1988. Evaluación de la respuesta del arroz fertilización NPK en suelos del estado Portuguesa. VI Jornadas Técnicas de Investigación del Vice rectorado de Producción Agrícola. UNELLEZ. Del 23 al 25 de noviembre de 1988. Guanare.
- Alvarez, L. 1992a. Rendimiento del arroz en función del fraccionamiento y dosis de nitrógeno en Guanare, Portuguesa, Venezuela. Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología. 10(1-2):57-66.
- Alvarez, L. 1992b. Eficiencia productiva y rentabilidad de la fertilización nitrogenada de arroz en Guanare, Portuguesa, Venezuela. Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología. 10(1-2):67-76.

- Alvarez L., Luis E. 1993. Evaluación de líneas de trigo (*Triticum aestivum* L.) tolerantes al calor en los Llanos occidentales venezolanos. *Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología*. 11(1-2):77-86. Guanare. Venezuela.
- Alvarez, L. 1997a. Producción de arroz en los Llanos Occidentales de Venezuela. Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora (UNELLEZ). Barinas. 246 pp.
- Alvarez L., Luis E. 1997b. Optimización de la fertilización nitrogenada y del manejo del agua de riego en la producción de arroz, mediante el modelo de simulación CERES-rice. Proyecto de tesis. Doctorado en Ciencias Agrícolas. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 28 pp.
- Alvarez, L. 1999 a. El sistema de producción de arroz en los Llanos Occidentales de Venezuela y su sostenibilidad. UNELLEZ. Vice-rectorado de Producción Agrícola. Guanare. 10 pp.
- Alvarez, L. 1999 b. Descenso del C y del N del suelo, producidos por el monocultivo de arroz y la rotación arroz-soya, en condiciones del municipio Guanare. Venezuela. (Resumen). XV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Barquisimeto. p 74.
- Alvarez, L. 2000. Rendimiento y rentabilidad de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) durante la época lluviosa, en Portuguesa, Venezuela. *Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología* 18(1): 97-118.
- Comerma, J., Campos, F., Márquez, O., Peña, E., Vera, J. 1990. Tierras para el cultivo de arroz en Venezuela. *In* El arroz en Venezuela. Alcance. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. Pp. 73-82.
- Hansen, J.W., Pickering, N.B., Jones, J.W., Wells, C., Chan, H. and Godwin, D.C. 1994. Weatherman. *In* DSSAT version 3. Eds. Gordon Y. Tsuji, Goro Uehara, Sharon Balas. International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer. University of Hawaii. Honolulu. pp. 137-192.
- IRRI 1990. Rice researchers launch major study on global warming. *The IRRI reporter*. 4/90. pp. 1-2.
- Norero, A. 1982. Material de enseñanza del curso Modelos Agronómicos. CIDIAT. Mérida, Venezuela.

- Kropff, M.J., Penning de Vries, F.W.T. and Teng, P.S. 1995. Capacity building and human resource development for applying systems analysis in rice research. IRRI, Manila. 20 p.
- Ramírez Gómez, M. 1995. Sostenibilidad agropecuaria y su relación con la nutrición integrada de plantas y conservación de suelos y aguas. Programa Nacional de manejo integrado de suelos y aguas. CORPOICA. Bogotá. 19 pp.
- Ritchie, J.T., Alocilja, E.C., Singh, U. and Uehara, G. 1986. IBSNAT/CERES Rice Model. *Agrotechnology Transfer* 3:1-5. Sing, U., Tsuji, G.Y. and Godwin, D.C. 1990. Planting new idea in DSSAT: The CERES rice Model. *Agrotechnology Transfer* 10:1-7.

---

## REPRESENTACIONES SOCIALES Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN EL SECTOR AGRÍCOLA

*Lucy Alvarez de Hétiér*

### INTRODUCCIÓN

El uso adecuado de fertilizantes es una preocupación inscrita en todos los programas de extensión agrícola (asistencia técnica, transferencia tecnológica, etc.). Esta preocupación se manifiesta en el interés de aumentar la productividad y rentabilidad económica y de mantener o aumentar la población rural. Si bien es cierto que tales programas han tenido cierto éxito, no son pocas las dificultades que han debido y deben enfrentar. Algunas de ellas están vinculadas a confusiones de orden conceptual de ciertos términos generales tales como intervención y acción social, desarrollo y cambio social y de términos específicos tales como transferencia de tecnología, extensión y sostenibilidad agrícola.

Otras confusiones están estrechamente ligadas a la pluralidad del contexto en el cual se desarrolla la intervención institucional, contexto donde las diversas representaciones sociales del mundo rural juegan un rol importante. Aún cuando se ha intentado tomar en cuenta esta pluralidad a través de acciones realizadas por la cadena de actores sociales que va desde el polo de la concepción hasta el polo de la ejecución, la atención no se ha centrado en el papel que juegan las representaciones sociales en el proceso de intervención cuya finalidad es introducir cambios en ciertas prácticas de fertilización. Dicho proceso pone en contacto lógicas diferentes que provienen del conocimiento científico y del conocimiento común. Estos conocimientos están impregnados de representaciones sociales, las cuales dificultan o facilitan la relación de



comunicación entre agentes tecnológicos y productores así como el cambio de prácticas en el uso adecuado de fertilizantes.

En el presente trabajo tratamos de captar, a través del estudio del discurso escrito de PALMAVEN y del discurso oral de los agentes tecnológicos y de los productores, las representaciones sociales que entran en juego en el proceso de transferencia tecnológica así como su importancia para los programas de intervención en lo que concierne a la fertilización.

### **INTERVENCIÓN, ACCIÓN SOCIAL, DESARROLLO Y CAMBIO SOCIAL: SUS LÓGICAS Y CONFUSIONES**

No es nuestra intención hacer un análisis detallado de todas las nociones utilizadas en el proceso de intervención llevado a cabo en el sector agrícola. Nos limitaremos a aquellos términos que nos permita aclarar las lógicas que orientan la intervención del hombre en su medio ambiente natural.

En primer lugar, cabe decir, que la intervención del hombre en lo social es un proceso que resulta de la articulación de la conciencia del sujeto y de la voluntad de actuar para resolver problemas diversos de adaptación a su medio. Esto ha dado origen a una forma de intervención que resulta de un proceso de racionalización que aparece, en América Latina, con la creación del Estado-Nación. Dicho proceso crea la necesidad de intervención del Estado a lo largo de su trayectoria histórica estando estrechamente vinculada a la noción de desarrollo y cambio social así como a sus postulados sobre lo social, la acción y el tiempo, vinculación que, a menudo, produce confusiones entre las nociones de acción social e intervención estatal (Vuarin, 1985; Atlan, 1980; Vidal, 1983; Belo, 1976; García, 1978; Samir Amin, 1972).

Según estos autores, la acción social se define por las relaciones complejas que se establecen entre los agentes sociales y sus productos sociales, experiencias u obras. Ella es la expresión de la realidad social total, es decir del cambio social, el cual se teje, minuto a minuto, en las relaciones sociales complejas donde participan múltiples elementos provenientes de las estructuras sociales parciales y globales, de la experiencia social realizada y realizándose. Por lo tanto, las lógicas y el tiempo que guían la acción social son múltiples.

La intervención del Estado se caracteriza por estar guiada por el principio de causalidad que pone en marcha una concepción lineal del tiempo, en el cual el presente es el resultado del pasado y causa del futuro. El futuro al cual apunta la intervención estatal es un futuro orientado por el progreso, idea contenida en las teorías del desarrollo donde la sociedad «tercer mundista» es considerada como un todo homogéneo más o menos alejada del punto máximo del progreso, punto determinado por las sociedades más avanzadas. Este eje unilineal esconde o consume los tiempos particulares y la especificidad de cada sociedad particular.

Por otra parte, la lógica de la intervención estatal se caracteriza por ser una lógica analítica que, para poder intervenir, produce divisiones progresivas de lo social en unidades o elementos definidos por la actividad productiva, o por «modelos» de reconstrucción abstracta de lo social. En el primer caso, son elementos reales, concretamente definidos por la actividad económica como es el caso del sector agrícola. En el segundo caso, se trata de unidades sociales abstractas determinadas a partir de nociones demográficas, etnográficas o funcionales tales como «grupos» de poblaciones clasificadas por sexo, o por ciclo de vida (infancia, juventud, vejez) o en referencia a la socialización o sociabilidad (salud, educación, criminalidad, etc.).

Estos espacios sociales múltiples son tratados por diversas instituciones y disciplinas científicas y profesionales que estudian e intervienen en un social parcial a partir del ángulo de cada especialidad. Ello da lugar a reflexiones diversas sobre las propiedades visibles y observables directamente, pero que no pueden dar cuenta de la totalidad social (Foucault, 1975). De este modo, el Estado desarrolla una capacidad para gerenciar los problemas sociales que están en estrecha relación con cada una de las ciencias sociales.

La lógica analítica de divisiones sucesivas de lo social se redobla al interior mismo del trabajo intelectual. De esta manera, las categorías científicas y profesionales, que trabajan partes de esta esfera social, se dividen en categorías de “conceptores” y ejecutores jerarquizándolas al mismo tiempo. Las disciplinas profesionales, según su status científico o técnico, tendrán tendencia a ubicarse más o menos cerca del polo de la concepción o de la ejecución.

En la medida que tales disciplinas se acerquen más al polo de la concepción, se orientarán más por la lógica formal propia de la ciencia, y en la medida en que se acerquen más al polo de la ejecución, ellas se acercarán más al pensamiento no formal orientado por la lógica natural propia del conocimiento común.

En el sector agrícola, la intervención pública o privada se presenta, a menudo, bajo el término de desarrollo dándole una connotación de acción social y de cambio social a un proceso de mera explotación agrícola e industrial. Este término se institucionaliza a través de la legislación que organiza la modernización y la intensificación del sector agrario e industrial. El se afirma en el discurso del Estado y de los sindicatos, afirmación que se traduce en la creación de instituciones de apoyo y asesoramiento y en la asignación de un presupuesto como bien se puede observar en la primera parte del presente capítulo.

El hecho de vincular este tipo de intervención al desarrollo, produce no sólo una confusión de términos sino, también, de racionalizaciones y lógicas diferentes.

La división de los actores sociales en categorías de conceptores y ejecutores se manifiesta en el sector agrícola de la manera siguiente: aquellos que están más cerca del polo de la concepción son los investigadores quienes desarrollan sus trabajos, principalmente, en institutos de investigación de carácter público tales como el CENIAP o la UNELLEZ. Una parte importante de su financiamiento puede ser otorgada por organismos tales como FONAIAP o la Fundación Polar los cuales contribuyen también a financiar investigaciones realizadas en el sector privado.

Los decididores se ubican en un espacio intermedio entre el polo de la concepción y de la ejecución, desarrollando su actividad en organismos públicos (MAC, PEQUIVEN, PDVSA, PALMAVEN) y privados (AGROPLAN, CIARA, PROCIANDINO, FEDEAGRO). Tales organismos intentan tomar sus decisiones y formular sus programas de asistencia técnica en función de los resultados de las investigaciones científicas y de las demandas tecnológicas de los productores. Ellos son los encargados de ejecutar las decisiones tomadas en instancias superiores.

El contacto directo de los ejecutores con los productores hace posible la creación de un espacio de mediación que facilita la transferencia tecnológica ideada por quienes establecen conceptos y/o toman decisiones. En este espacio, se conjugan la lógica formal del conocimiento científico y la lógica natural del conocimiento común de los productores. Los asistentes técnicos tienen el rol de orientar a los productores basándose en el conocimiento científico pero, a su vez, deben transmitir a los decididores e investigadores el conocimiento común de los productores. Dicho espacio de mediación pone en evidencia la complejidad del contexto en el cual está inmerso el sector agrícola pues aquí entran en juego no solo factores de orden económico productivo sino otros de orden político, social, etc., como lo veremos a continuación.

### **TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y SUSTENTABILIDAD AGRÍCOLA: TENTATIVAS DE ABORDAJE A LA COMPLEJIDAD DEL CONTEXTO**

De lo anteriormente dicho, podemos definir al sector agrícola como un espacio real, concretamente definido por la actividad económica pero que está inmerso en la complejidad de lo social. Ello obliga a la intervención estatal a tomar en cuenta aspectos que no están relacionados exclusivamente con la producción, tales como la educación, el nivel de vida de la población, etc. Como una manera de abordar esta complejidad y orientar la intervención pública o privada en dicho sector, se acude a términos básicos tales como transferencia de tecnología, extensión y sustentabilidad agrícola. Sin embargo, con el correr de los años, el sentido de tales términos ha ido cambiando para poder conciliar las lógicas racionales provenientes de la voluntad política y del conocimiento científico con las lógicas naturales provenientes de lo cotidiano y del conocimiento común. Como bien lo afirma Vila (1979), la población no es una masa inerte sobre la cual se puede actuar, ella reacciona frente a la intervención profesional imponiéndole nuevas orientaciones que serán, más o menos, aceptadas por las instituciones en la medida que no afecten sus intereses fundamentales.

#### ***La transferencia tecnológica y sus principales connotaciones***

El término transferencia de tecnología presenta connotaciones diferentes según el momento histórico vivido y las experiencias científicas y prácticas

realizadas. En un comienzo, dicho término se remitía sólo a la transmisión de conocimiento desde las ciencias básicas a las aplicadas y a la utilización precisa de una determinada tecnología, ignorando los factores y lógicas socioeconómicas y políticas que atraviesan un proceso de transmisión de conocimientos. Como bien lo muestra Arvanitis (1996), en este caso no solo han surgido dificultades epistemológicas sino también prácticas. Ello se debe a que la información científica y tecnológica generada y/o empleada en cierto contexto es implementada en otro diferente, sin un estudio previo del medio ambiente ecológico, físico y social donde se debe aplicar. La consecuencia de esto se tradujo en una transposición mecánica de la política científica sobre las orientaciones y transferencia tecnológicas así como en una utilización automática de paquetes tecnológicos homogéneos para sectores agrícolas diferentes. Por otra parte, favoreció una gran dependencia de insumos, maquinarias y equipos importados. Ello implica, además, una falta de adecuación entre la tecnología diseminada y el medio ecológico así como entre dicha tecnología y la realidad socioeconómica donde se realiza. En otras palabras, esta concepción tiene tendencia a ignorar las lógicas del conocimiento común, la racionalidad económica de los usuarios, el estado de las fuerzas productivas de la agricultura y los aspectos ecológicos. La importancia del rol del agente técnico es reconocida en el sentido que se le considera no solamente como agente de transmisión del mensaje elaborado por los conceptores sino también como intérprete de necesidades o demandas de los productores como se puede apreciar en la tercera parte del presente Capítulo.

Esta problemática ha sido objeto, durante muchos años, de estudio y reflexión tanto de parte de los organismos públicos y/o privados de intervención en el medio agrícola como de los organismos universitarios de enseñanza e investigación. Dichos estudios han ido creando, poco a poco, una interacción entre instituciones como es el caso del Convenio Fundación Polar-UNELLEZ (1977-1995) (Arvanitis, 1996). En la actualidad, la tendencia es la de considerar la transferencia tecnológica, marcada por un carácter de imposición a los usuarios a nivel científico técnico, como un medio de «difusión de innovaciones tecnológicas, producto de la interacción entre productores e investigadores con el entorno real donde se desenvuelve la agricultura» (Rondón, 1996). Dichas innovaciones pueden provenir ya sea del conocimiento derivado de las prácticas tradicionales de los productores o del conocimiento proveniente de la ciencia.

Por una parte se piensa que, para que el proceso de transferencia pueda tener éxito, debe ser realizado, a la vez, por organizaciones gubernamentales y no gubernamentales tales como fundaciones o asociaciones de productores y empresas agro-industriales. Por otra parte, dicho proceso debe llevarse a cabo mediante un proceso de comunicación que permita compartir experiencias, intercambiar conceptos y criterios que conlleven a lograr cambios tanto en los conocimientos como en las actitudes, y desarrollar habilidades en pro del mejoramiento de la producción y de la conservación de los suelos.

### ***Extensión y sustentabilidad agrícola: alcances y dificultades***

Preocuparse por el entorno, lleva a concentrar la atención en los productores y empresas privadas así como en la sustentabilidad agro-ecológica y socioeconómica. En un primer momento el interventor centra su atención en la educación (formal e informal), en aspectos culturales, en la salud, deportes, condiciones de vida y ecológicas del medio rural (Paredes de Torre, 1993). Sin embargo la asistencia técnica sigue muy ligada a la transferencia tecnológica pero en el sentido de informar, difundir, capacitar o transferir un conocimiento técnico desde los conceptores a los ejecutores con la finalidad de resolver los problemas técnicos del agricultor. Ella se realiza mediante una estructura institucional y administrativa basada en el objetivo de formar personal técnico apto para dar una educación no formal a los productores para facilitar sus prácticas, mejorar su producción y obtener más beneficios.

En un segundo momento, se enfatiza sobre la necesidad de conservar los recursos naturales (suelos, agua, plantas) para hacerlos más rentables sin obviar los aspectos sociales y tecnológicos antes mencionados.

En un tercer momento, el énfasis de la intervención se centra en la necesidad de producir alimentos para las generaciones actuales y futuras sin conllevar a un deterioro de los suelos. Para ello, se considera de vital importancia generar conocimientos científico-técnicos a partir de los sistemas de producción venezolanos haciendo participar en ello a las empresas públicas y privadas por medio de una política de estado clara y bien definida.

La articulación de todos estos momentos ayuda a redefinir el término «extensión agrícola» y cómo el trabajo de extensión puede contribuir a lograr la

«sustentabilidad agrícola». La capacitación y la comunicación juegan un rol esencial en el trabajo de extensión. La capacitación se dirige a los agentes técnicos y se realiza tanto a nivel universitario como a nivel medio. Dado que su finalidad es orientar las prácticas de los productores, es fundamental no sólo tomar en cuenta el proceso de comunicación que se establece entre agentes técnicos y productores sino la creación de nuevas redes socio-técnicas que incluyen a todos los actores sociales implicados (banqueros, proveedores, transportistas, compradores, productores). Estas redes se dirigen primero a convencer a sus actores sociales de una serie de garantías y obligaciones que inducen a que los banqueros financien, a que los proveedores acepten vender sus productos, a que las empresas agro-industriales acepten comprar y a que los productores se involucren dentro del programa combinando las preocupaciones productivistas con las conservacionistas indispensables para lograr la sustentabilidad agrícola.

Sin embargo, pese a que todas estas reflexiones y avances en las definiciones de términos han permitido a organismos, tales como PDVSA, PALMAVEN, UNELLEZ, ofrecer servicios de asistencia técnica logrando resultados satisfactorios en algunas áreas y grupos sociales, han surgido dificultades que impiden desarrollar los programas en toda su amplitud. Hemos visto en capítulos anteriores el ejemplo del fracaso de los subsidios de los fertilizantes, que no lograron aumentar ni la productividad de los cultivos, ni la oferta agro-alimentaria a la población venezolana. Otro ejemplo es el reducido número de muestreos y análisis de suelos y plantas solicitado por los productores debido al costo de los análisis y al tiempo que demoran ciertos laboratorios en hacerlos. Por otra parte, los cultivos son alterados porque ciertos productos, vendidos por las empresas comerciales, son de mala calidad y porque la distribución de los créditos agrícolas es lenta y otorgados con retraso en relación al ritmo temporal que impone el calendario agrícola. Además, como dice Rigas Arvanitis (1996), los productores tienden a desviar el crédito hacia usos no agrícolas, para satisfacer sus necesidades domésticas o familiares (alimentos, salud, etc.). A estas dificultades, se agrega el hecho de que, a veces, los fertilizantes requeridos no se encuentran a la venta en el momento que se necesitan para efectuar el proceso de fertilización y siembra. Esto contribuye a que los rendimientos de la agricultura venezolana se mantengan estancados.

### *El proceso de comunicación y sus nuevas orientaciones*

Pensando que las dificultades antes mencionadas estaban estrechamente ligada al proceso de comunicación, los organismos competentes elaboraron un sistema de evaluación para medir la eficacia de los medios de divulgación y asistencia técnica. Entre las decisiones tomadas, se eliminaron los folletos de divulgación de PALMAVEN para dar curso a otras formas de divulgación emitidas por organismos privados. En lo que concierne al proceso de comunicación se trató de extender su radio de acción a todos los actores sociales implicados: transferencistas, líderes y donantes, investigadores, productores, intra e interinstitucional, público en general (Green, 1996). Se trató, también, de darle otra definición que permitiese salir de la concepción lineal que implica un emisor, un mensaje y un receptor de innovaciones tecnológicas. La nueva concepción postula que no basta saber e informar sobre cuáles son los mejores fertilizantes o las mejores prácticas agronómicas, sino que es necesario transmitir este conocimiento en un lenguaje y en un contexto que facilite el intercambio y la producción de flujos de influencias mutuas de todos los actores sociales. Esto requiere que los agentes tecnológicos estén capacitados para asesorar en el desarrollo tecnológico tanto a los agentes económicos nacionales (organismos gubernamentales de promoción o ejecución del desarrollo tecnológico, centros de investigación-desarrollo, investigadores independientes) como a los pequeños y medianos empresarios del sector agrícola.

El rol que se le asigna al agente tecnológico es, por lo tanto, un rol de mediador entre las instancias políticas, la investigación científica y el mundo agrícola, lo que hace que la relación agente tecnológico-agricultor sea muy compleja. A menudo puede darse el caso que los agentes tecnológicos no conozcan la demanda real de los productores ya sea porque no la expresan o, si lo hacen, el agente técnico la interpreta de acuerdo a su propio sistema de conocimientos y representaciones y no en función del de los productores. En realidad, el agente tecnológico no está preparado para manejar estas relaciones. Esta dificultad se acentúa por el hecho de que, por una parte, su poder de decisión es limitado y, por otra, no siempre conoce bien la estructura del conocimiento común de los productores.

El estudio de las representaciones sociales podría contribuir a dar una definición más precisa del rol de mediador del agente técnico así como a



considerar aspectos socio-políticos-culturales de las demandas de los productores. Sus resultados podrían, a su vez, dar una respuesta a las dificultades que se van presentando y orientar hacia posibles soluciones. Por otra parte, permitiría la creación de un espacio de comunicación reversible situándose en un modelo de transferencia de conocimientos basado en la relación cambio-tradición-modernidad e implicaría un proyecto para el futuro a partir de los recursos materiales propios de un grupo y de su tradición cultural. En palabras de Ghiglione (1990), se trataría de la creación, a través de un objetivo determinado, de un espacio de co-construcción, de interlocución, de negociación, que hace posible que una situación dada pueda ser potencialmente comunicativa. De esta negociación podrían salir una o varias referencias co-construidas en torno a ciertas prácticas de fertilización.

Como conclusión, se podría decir que se han hecho varios esfuerzos por hacer del sector agrícola un medio de producción económica, ecológica y socialmente sostenible, pero prima aún el beneficio económico inmediato lo que lleva a considerar al agricultor como un empresario sometido a las leyes del mercado más que a las leyes de la naturaleza. El proceso de decisiones está marcado por una elección razonada micro o macroeconómica e inscrito, principalmente, en lo económico y en lo político. Ello dificulta conciliar el desarrollo económico con la protección de los recursos naturales. Esta conciliación implica involucrar más las disciplinas de las ciencias del hombre y de la sociedad a las disciplinas de las ciencias de la naturaleza para facilitar, así, el análisis de la relación hombre-naturaleza, relación en la cual las representaciones sociales juegan un papel importante.

En realidad, los procesos de concepción, decisión y ejecución están atravesados por representaciones sociales determinadas por intereses, valores, normas, propios de los diferentes grupos de actores sociales inmersos en esta cadena de actores del proceso productivo agrícola que va de la concepción a la ejecución.

## **LAS REPRESENTACIONES SOCIALES EN LA RELACIÓN HOMBRE-NATURALEZA**

Además de los factores ya mencionados, la complejidad en la que está involucrado el sector agrícola proviene del hecho de ser un sector donde la

relación hombre-naturaleza es imperativa. Por ello, dicho sector no puede estar determinado, únicamente, por las leyes del mercado, sino también por lo social, lo político, lo cultural pues los usos de la naturaleza son regidos por la sociedad en su conjunto, lo que significa que el rol de los productores es tan importante como el rol de los científicos, de los técnicos y de los que deciden. Por esta razón, la racionalidad económica no puede tomar en cuenta sólo el conocimiento científico sino la acción práctica, las normas, los valores, las ideologías. En efecto, los valores remiten a ideologías y a representaciones. Estas, a su vez, remiten a usos o prácticas estrechamente ligadas a normas de gestión del espacio rural, concebidas y aplicadas ya sea por instituciones públicas o privadas de carácter científico y/o administrativo.

Según lo expuesto en puntos anteriores del presente capítulo, podemos observar la coexistencia de tres niveles de representaciones en la relación hombre-naturaleza, representaciones que se han ido gestando, adquiriendo fuerza o debilitándose, a lo largo de la historia. El Cuadro 12.1, inspirado en el de Picón (1996), muestra estos niveles cada uno de los cuales configura la estrecha relación que existe entre representaciones de la naturaleza, valores e ideologías, instituciones, normas, proposiciones, usos o prácticas.

**Cuadro 12.1** Coexistencia de tres niveles de representaciones en la relación hombre-naturaleza.

	Representación de la naturaleza	Valores, Ideologías	Instituciones	Normas Proposiciones	Usos o prácticas
<b>Nivel 1</b>	Naturaleza Recursos	Progreso Productivismo Modernización Rentabilidad ↓	Ministerio Agricultura y Cría Ministerio de la Industria	Intensificación modernizar Imposición del conoc. científico tecnológico	Agricultura modernista Mecanización -
<b>Nivel 2</b>	Naturaleza medio natural	Protección Potencial productivo ↓	Ministerio Medio Ambiente.	Protección medio ambiente y social Comunicación	Agricultura tradicional y modernista Globalización
<b>Nivel 3</b>	Naturaleza ecosistema	Desarrollo sostenible Sistema vivo Respeto	CEE ONU FAO	Gestión agro-ecológica, medio ambiente y social. Interlocución	Multi-usos

### ***Relación sociedad-hombre-naturaleza***

El primer nivel se ubica entre los años 1950 y 1970. Se caracteriza por el hecho de que los valores y las ideologías que priman son valores de progreso y de productividad, a partir del momento en que se decide modernizar la agricultura lo que lleva a crear instituciones, tales como el Instituto Venezolano de Petroquímica (IVP, 1956), para la producción, distribución y comercialización de fertilizantes (Ramírez, 1996). La naturaleza es considerada como un recurso lo que induce al uso de los suelos a partir de una agricultura modernista. La modernización es la vía fundamental para la expansión de las relaciones capitalistas en el campo. Las oposiciones: antiguo-moderno, tradición-innovación, atraso-progreso, rutina-novedad afirman la modernización de tipo capitalista (Mendoza, 1998).

Las normas son impuestas por el Ministerio de Agricultura y Cría así como por el Ministerio de la Industria a través de organismos que van a impulsar el desarrollo de grandes fincas para obtener mayor rentabilidad e incitar a los productores a utilizar fertilizantes y a mecanizarse. La tecnología basada en el conocimiento científico se difunde mediante un discurso técnico que «genera representaciones cognoscitivas, éticas y estéticas que determinan una racionalidad así como una forma de producir, de consumir, de relacionarse con la naturaleza y de esta manera obtener y ejercer el poder, en el cambiante mundo de la modernidad» (Mendoza, 1998).

El segundo nivel aparece a partir de los años 1970 agregando, a los valores de progreso, los valores ecologistas de protección de la naturaleza. Ello pone en evidencia que la naturaleza no debe ser considerada únicamente como un recurso económico sino como un medio natural que es necesario proteger. Esta representación, aun cuando es marginal en relación con la anterior, da lugar al nacimiento del Ministerio del Ambiente con sus respectivos organismos de intervención, así como a nuevas recomendaciones que valorizan prácticas agrícolas menos contaminantes. Las facultades y centros de investigaciones agropecuarias de las universidades existentes en el país comienzan a enfocar sus programas de enseñanza e investigación dentro de estos valores ecologistas tomando en cuenta las prácticas de los productores en el entorno ecológico. La creación de la Universidad Nacional Experimental de Los Llanos «Ezequiel Zamora» afirma, aún más, esta tendencia. Se comienza a formar, tanto a

ingenieros como a técnicos agrícolas, en el área de la comunicación con los productores con la finalidad de orientarles en el uso adecuado de los suelos para protegerlos y no solamente conocer su potencial productivo y obtener una mayor productividad.

En lo que concierne a la fertilización, los valores del nivel anterior (progreso, modernización, rentabilidad) siguen manifestándose a través de la creación de nuevas instituciones dependientes ya sea del Ministerio de Agricultura y Cría (VENFERCA) o de Petróleos de Venezuela (PEQUIVEN) cuyos objetivos primordiales eran la comercialización y la importación del déficit de la producción de fertilizantes. Sin embargo, tal como lo señala Casanova en este libro, con la creación de PALMAVEN (1981) y luego con la asociación PDVSA-PALMAVEN, estos objetivos se amplían hacia nuevos polos de desarrollo dirigidos a integrar la industria petrolera al entorno rural y a dar asesoramiento técnico al productor desde la selección del paquete tecnológico hasta la gestión de colocación de la cosecha. Esto lleva a dar importancia al rol del agricultor en el proceso de producción así como a la necesidad de poner a su alcance el conocimiento científico-técnico necesario para mejorar la producción y proteger la naturaleza.

El tercer nivel de representaciones, desarrolla, aún más, estos nuevos polos de desarrollo haciendo aparecer una nueva ideología, la del desarrollo sostenible que pone el énfasis en la durabilidad de los recursos naturales sin oponer protección y desarrollo. La definición que da Casanova a la agricultura sostenible (en la presente obra), expresa este valor al relacionar la conservación de los suelos y del medio ambiente con aspectos científico-técnicos, sociales, económicos, políticos e institucionales.

Dicho valor provoca una nueva representación de la naturaleza que se está abriendo camino por medio del término ecosistema, término científico que está pasando progresivamente al sentido común. Esta representación está presente en los discursos de organismos internacionales tales como la CCE, la ONU, la FAO. Ella asigna a la naturaleza usos múltiples al considerarla a su vez como recurso natural, como sistema vivo abierto sin capacidad de organizar por sí solo su supervivencia y reproducción.

Actualmente en Venezuela coexisten estos tres niveles siendo la representación de la naturaleza como recurso la que tiene todavía el mayor peso,

representación inscrita en los criterios de apertura y globalización de mercados para aumentar la «rentabilidad del negocio agrícola». Esta coexistencia, produce dificultades en la toma de decisiones e intervención social, y da lugar a la elaboración de nuevos programas de investigación así como a nuevas concepciones de la transferencia tecnológica, de la extensión agrícola y de la comunicación. Ello lleva, a su vez, a proponer nuevas formas de utilización del espacio en consonancia con la lógica de desarrollo sostenible. Evidentemente, los productores no escapan a estas representaciones las cuales son modeladas, interpretadas, reconstruidas en función de sus tradiciones, experiencias prácticas, de su pertenencia social y de factores diversos provenientes tanto de lo económico, lo político, lo social como de las motivaciones, valores, ideologías, etc., como lo veremos a continuación.

## **REPRESENTACIONES SOCIALES DE LA FERTILIDAD Y DE LA FERTILIZACIÓN DE LOS SUELOS.**

Conocer las representaciones sociales que construyen tanto los agentes técnicos como los productores sobre la fertilidad y fertilización de los suelos, es un camino que permite salir de la concepción lineal de transmisión de innovaciones tecnológicas: emisor-mensaje-receptor, para crear un espacio de comunicación interlocutora entre agentes técnicos y productores favorable al cambio. Por otra parte, permite tomar en cuenta la forma en que los productores construyen su conocimiento agrícola a partir de su experiencia y tradición. Tomar en cuenta dicho conocimiento significa considerar a los productores como individuos capaces de construir y reflexionar y no como si tuviesen una mente vacía. Además, tales conocimientos pueden ser útiles para la reflexión científica.

El trabajo que presentamos a continuación está basado en los resultados de una investigación efectuada entre 1992 y 1995, bajo el patrocinio de la Comunidad Europea (Alvarez de Hétier *et al.* 1995). Uno de sus objetivos era, precisamente, observar si los medios de transmisión de conocimientos tecnológicos mediante los folletos de divulgación de PALMAVEN y del contacto directo entre agentes tecnológicos y productores, permitían, realmente, salir del mencionado proceso lineal de comunicación. El camino elegido fue el estudio de las representaciones sociales de la fertilidad y fertilización de los suelos inscritas tanto en el discurso escrito de los folletos de divulgación de

PALMAVEN como en el discurso oral de los agentes tecnológicos y productores de la zona occidental de los llanos venezolanos.

### ***Bases teóricas***

Partimos del principio que para tener una acción eficaz sobre un área o problema dado, es necesario conocer las representaciones sociales que se forman los sujetos a los cuales se dirige la acción. Inspirándonos, principalmente, en obras de autores tales como: Albou, (1987), Grize (1991), Ghiglione, (1990), Moscovici (1991) y Jodelet (1991), hemos definido las representaciones sociales como formas de conocimientos construidos cotidianamente por los individuos, conocimientos que se orientan, fundamentalmente, por normas y prácticas provenientes de la realidad empírica. Ellas guían la acción y las conductas de los grupos humanos dando lugar a formas compartidas de comunicación. Cada modalidad de comunicación influye en la organización y contenido de los mensajes que se desean transmitir provocando ya sea una coexistencia, una contradicción o una integración de conocimientos. En este último caso, se crearía, realmente, un espacio de interlocución entre los sujetos implicados (Ghiglione, 1990) facilitando la toma de decisiones adecuadas.

Esta definición destaca la importancia de la práctica y de las representaciones sociales en cuanto conocimiento común, así como su función intermediaria entre conceptos científicos y la acción.

En tanto conocimientos comunes, las representaciones sociales están orientadas por la lógica natural. Dicha lógica, a diferencia de la lógica formal de la ciencia orientada por principio de causalidad y el criterio de la verdad, se orienta por el criterio de lo verosímil y el principio de articulaciones múltiples de los diferentes planos de la dimensión individual y colectiva de las representaciones. Estos dos aspectos, colocan las representaciones en dos universos teóricos diferentes, uno relacionado con las determinaciones sociales (socioeconómicas, culturales, ideológicas, prácticas) del discurso espontáneo y el otro relacionado con la conceptualización ligada al razonamiento de cada individuo (Grize *et al.*1987).

En consecuencia, los grupos humanos comparten, a través del lenguaje oral o escrito (u otros códigos), conocimientos, creencias, opiniones, imágenes, actitudes, valores, elementos informativos, culturales, ideológicos, normativos, que circulan en la sociedad. Por otra parte, si las representaciones sociales juegan un rol de intermediario entre los conceptos científicos y la acción, pueden, ya sea constituirse en obstáculo para alcanzar los cambios deseados o ayudar a su realización. De ahí la importancia de su estudio.

### ***Material de estudio***

Como se dijo en los párrafos relativos a la evolución de los conceptos de transferencia de tecnología y extensión agrícola, la importancia dada por las instituciones que brindan asistencia técnica para lograr un buen uso de los suelos y de los fertilizantes, ha dado origen a modalidades de comunicación con los productores.

Una de estas modalidades la constituye el discurso escrito plasmado en los folletos de divulgación de informaciones técnicas relativas al suelo, a la fertilización y a diversas prácticas agrícolas editados por PALMAVEN (1990-95), institución estatal encargada, en ese entonces, de la distribución y racionalización del uso de fertilizantes.

Otra modalidad de comunicación es aquella que coloca en relación directa al agente tecnológico con las diversas categorías de productores, donde el discurso oral constituye el medio de comunicación.

Tales modalidades nos llevó a definir como material de estudio el discurso escrito plasmado en los folletos de vulgarización científico-técnica de PALMAVEN así como el discurso oral de los agentes tecnológicos y de los productores de los Llanos Occidentales de Venezuela, siendo la fertilidad y fertilización los objetos de representación seleccionados.

### **Selección del discurso escrito**

En lo que concierne al discurso escrito de PALMAVEN, se seleccionó un total de 32 folletos emitidos a partir de 1990 y elaborados después de la

eliminación de los subsidios que, en una época, alcanzó al 90 % del valor de los abonos.

Se seleccionaron las siguientes categorías de folletos:

- documentos (serie cultivo) cuyo objetivo era tratar el problema de la fertilización por rubros (algodón, arroz, caña de azúcar, papa, maíz, naranjo, sorgo, coco, cafeto, plátano, tomates).
- 17 documentos (serie cartilla) uno de cuyos objetivos era tratar problemas específicos de las diferentes prácticas de fertilización.
- 4 documentos de informaciones variadas relativas al suelo, a la fertilidad y a la fertilización.

### **Selección del discurso oral**

El discurso oral se obtuvo a través de un cuestionario aplicado por medio de una entrevista semi dirigida a 11 agentes tecnológicos y a 39 productores en Barinas y Portuguesa. La muestra fue seleccionada al azar tomando en cuenta la pertenencia social de los sujetos entrevistados. Ello responde a la hipótesis que sostiene que la pertenencia social de los individuos determina, en cierta forma, sus representaciones sociales.

Esto nos llevó a tomar en cuenta el nivel académico de los agentes tecnológicos clasificándolos en ingenieros y técnicos agrícolas. En el caso de los productores, nos llevó a seleccionarlos y a clasificarlos según el número de hectáreas que cultivaban así como su condición de propietario o arrendatario. De esta manera se definieron tres categorías de productores: pequeños (entre 1 y 75 hectáreas), medianos (entre 76 y 150 hectáreas) y grandes (más de 150 hectáreas). El número de sujetos por categoría fue escogido al azar y en función de los sectores más poblados de Barinas y Guanare, tratando de incluir los tipos más frecuentes de cultivos que se hacen en la zona como por ejemplo: maíz, sorgo, arroz, café, hortalizas, etc. La muestra quedó constituía por 22 pequeños productores, 6 medianos productores, 11 grandes productores, 7 técnicos agrícolas y 4 ingenieros agrónomos. Aunque esta muestra no nos autoriza a considerarla como representativa de la población de Los Llanos Occidentales, ella nos muestra las características más sobresalientes del discurso circulante en



el espacio de comunicación creado por la necesidad de transferencia de tecnología a los productores.

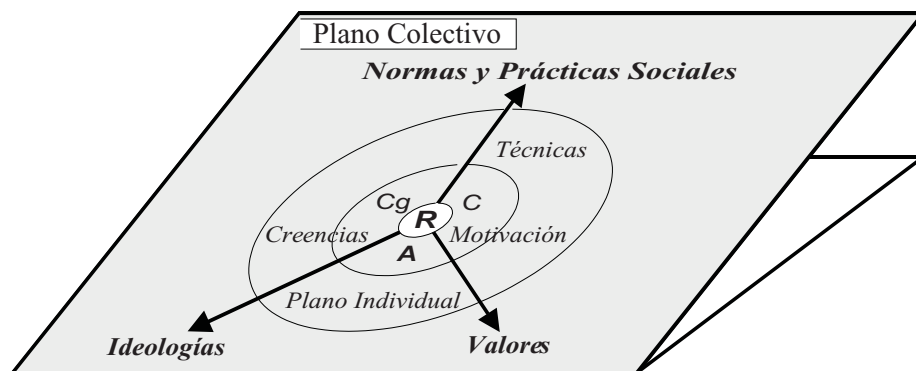
### ***Procedimientos metódicos***

De acuerdo a las bases teóricas precedentes, el hecho de considerar las representaciones sociales como formas de conocimiento común nos llevó a estudiarlas desde una perspectiva individual centrándonos en el plano del conocimiento. El hecho de considerarlas como sociales nos llevó a estudiarlas a partir de una perspectiva colectiva y a tomar en cuenta ciertos lugares de determinación de las representaciones sociales como el de la pertenencia social de los sujetos seleccionados.

El método de análisis empleado en ambos tipos de discursos, se inspira en un instrumento de análisis sistémico creado por Albou (1987) quien utiliza la alegoría geométrica de un pentaedro en cuyo centro se ubican las representaciones sociales. El primer plano oblicuo corresponde a la dimensión individual de las representaciones sociales donde predomina lo psicológico. La base del modelo la constituye el plano económico, que forma parte de la dimensión colectiva donde predomina lo social. Ambas dimensiones se penetran mutuamente por planos e intersecciones las cuales «son a la vez límites y unión, fronteras y puentes» (Ibid, p. 228) que se intercalan entre los planos como bien lo muestra el autor en la Figura 12.1.

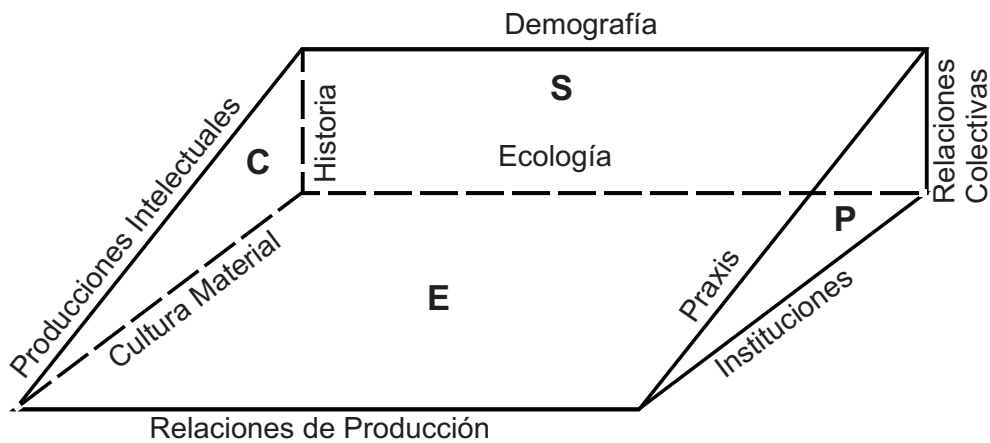
## MODELO GENERALIZADO DE PAUL ALBOU

### Dimensión individual: dominio de lo psicológico



R = Representaciones Sociales  
 Cg = Plano conocimiento  
 C = Plano de acción práctica  
 A = Plano afectivo

### Dimensión colectiva: dominio de lo social



*S: sociológico*  
*C: cultural*  
*E: económico*  
*P: político*

**Figura 12.1** Modelo generalizado de Paul Albou.

Como se puede ver, la dimensión individual presenta tres planos: el del conocimiento (Cg), el de la acción práctica (C) y el afectivo (A). Estos planos se enlazan entre sí por medio de las intersecciones: técnicas, creencias y motivaciones las cuales, a su vez, penetran la dimensión colectiva a través de las intersecciones de la ideología, de los valores y de las normas y prácticas sociales.

La dimensión colectiva presenta, además del plano económico, el sociológico, el cultural y el político. Dichos planos se entrelazan por medio de las intersecciones siguientes: demografía, ecología, relaciones de producción, producciones intelectuales, cultura material, historia, praxis, relaciones colectiva e instituciones.

### **Estudio de la dimensión colectiva: dominio de lo social**

Orientándonos por este modelo, el discurso oral y escrito fue sometido a un análisis de contenido clásico que permitió ubicar, en ambos tipos de discurso, la dimensión colectiva a través de sus diferentes planos e intersecciones (Alvarez de Hétier, 1997).

Los planos encontrados fueron los siguientes:

- ***económico:*** en él se incluyeron todos aquellos temas que tienen que ver con las relaciones de producción, con la distribución y consumo de riquezas, con el sistema técnico.
- ***cultural:*** se ubicaron aquellos temas relacionados con las producciones intelectuales venidas ya sea de la tecnología (que se manifiestan en un tipo de conocimiento técnico), ya sea del conocimiento común (cultura material resultante de la tradición, de la historia o de la experiencia cotidiana).
- ***político:*** incluyó, de manera general, todos aquellos temas que, de una u otra manera, tienen que ver con la esfera del poder que se ejerce a través de las instituciones.
- ***sociológico:*** se incluyeron temas relacionados con las asociaciones de campesinos u otro tipo de relaciones sociales colectivas articuladas a la actividad agrícola y a la ecología.

Las siguientes intersecciones fueron definidas a partir del análisis de contenido de los planos más arriba señalados:

- **Conocimiento técnico:** agrupa todos aquellos temas que tienen que ver con las técnicas de utilización de fertilizantes químicos divulgadas por el conocimiento científico-tecnológico. Esta es una intersección ligada al plano económico, pues la finalidad de la tecnología es aumentar la producción agrícola, y al plano cultural pues la tecnología es, también, la expresión de una producción intelectual.
- **Conocimiento común:** agrupa aquellos temas relativos al conocimiento de fertilizantes naturales que pueden venir de prácticas tradicionales (utilización del estiércol, por ejemplo) o de prácticas inventadas en la actualidad (uso de desechos). Esta intersección articula el plano económico al cultural y sociológico a través de la historia.
- **Práctica:** incluye todos aquellos temas que relatan la práctica de los entrevistados cuyos indicadores son el tiempo, el espacio y el cuerpo (Belo, 1976). Ella puede basarse en el conocimiento tecnológico o en el conocimiento común y articula lo cultural a lo económico, a lo político y a lo social.
- **Ecología:** se incluyeron, aquí, todos aquellos temas que se refieren a ciertas interpretaciones de fenómenos naturales tales como la lluvia, la sequía, fenómenos que influyen en la producción agrícola y afectan o favorecen lo económico. Tales interpretaciones ponen en marcha relaciones colectivas por lo tanto esta intersección se encuentra entre lo económico y lo sociológico.
- **Institucional:** implica todos aquellos temas que tienen que ver con la acción institucional relacionadas con las prácticas agrícolas, con los programas de extensión, entre otros temas. Ella se ubica entre el plano político y el económico dado que las instituciones son los medios de intervención para hacer cumplir ciertas decisiones relacionadas con la producción agrícola.

## **Estudio de la dimensión individual: plano del conocimiento**

El estudio de esta dimensión se centra en el plano del conocimiento por el hecho de que los objetos de estudio: Fertilidad y Fertilización, son objetos de conocimiento tanto científico como común. Orientándonos por los postulados teóricos de Grize, Vergés y Silem (1987) y de Grize (1982, 1990) se estudiaron las características de este plano captadas a través de un análisis de las formas argumentativas del discurso oral y escrito.

- **Discurso escrito:** El análisis del discurso escrito de PALMAVEN se apoya en el postulado que sostiene que por el hecho de ser un discurso de divulgación para transmitir conocimientos científico-técnicos, está orientado, principalmente, por la lógica formal y el principio de causalidad propio del razonamiento científico. Por otra parte, considerando que su objetivo es hacer pasar al lenguaje común lo dicho por el lenguaje científico, modula dicho principio para hacerlo convincente y accesible al público al cual se dirige recurriendo, también a la dimensión colectiva de las representaciones sociales.

El análisis de los folletos de PALMAVEN se centró, por lo tanto, en ubicar las modulaciones que presentan las relaciones de causalidad entre los temas de cada plano e intersección de la dimensión colectiva referentes a «fertilidad» y «fertilización». Para definir tales modulaciones se procedió a realizar un análisis de contenido del material escrito seleccionado, basándonos en las definiciones dadas por Grize *et al.* (1987). El resultado de este análisis nos llevó a ubicar las siguientes modulaciones:

- ***un juicio categórico normativo*** donde un hecho se presenta bajo una relación causal simple expresada como una afirmación de pertenencia a una categoría o a una norma.
- ***un juicio hipotético*** que se presenta como una causalidad potencial o condicional.
- ***una necesidad***, juicio innegable donde la relación de causalidad es muy fuerte, convincente, con o sin demostración.
- ***una concomitancia*** que denota una causalidad coincidente que atenúa el juicio categórico.

- **Discurso oral.** Por el hecho de que este discurso se da en una interacción entre productores y entre estos y los agentes técnicos, la lógica natural del conocimiento común adquiere mayor importancia. Su finalidad no es demostrar una verdad sino justificar, acreditar, hacer algo verosímil, o simplemente reforzar para convencer a su interlocutor. Para lograrlo pueden acudir a la analogía, al ejemplo, a la contradicción, a la metáfora o a la retórica y al mismo tiempo pasar de una premisa a una conclusión (Grize *et al.*, 1987) encadenando varios razonamientos y apoyándose, al mismo tiempo, en elementos provenientes de lo social.

En realidad, aquí nos encontramos en la confluencia de dos tipos de conocimientos. Por un lado, los productores son portadores de un conocimiento orientado por la lógica natural y basada, principalmente, en su experiencia práctica. Por otro lado, los agentes tecnológicos son portadores de un conocimiento científico-técnico orientado, principalmente, por la lógica formal. Pero el técnico, por el hecho de estar en una comunicación cara a cara con el productor, debe recurrir, más que el discurso escrito, al principio orientador de la lógica natural del conocimiento común así como a la dimensión colectiva. De esta manera, el discurso oral de los ingenieros y técnicos sirve de mediación entre el discurso escrito de PALMAVEN y el discurso oral de los productores.

Estos tipos de conocimiento pueden coexistir sin penetrarse, pueden entrar en contradicción o pueden integrarse en un sistema particular de coherencia. Las formas de razonamiento y de argumentación a los que acuden los agentes tecnológicos y los productores así como los planos o intersecciones de la dimensión social del modelo de Albou donde se ubican sus discursos, nos mostrará las características de esta interacción comunicativa.

El análisis del discurso oral se dirigió a buscar las formas argumentativas de los razonamientos inspirándonos en el procedimiento utilizado por Grize (1982, 1990). En un primer momento, se buscó lo que los sujetos entrevistados presentan como valor de argumento a través de ciertas formas de organización argumentativa. Esta organización argumentativa tiene una función denominada «función de apoyo» (Grize *et al.*, 1987) la cual consiste en que un segmento del discurso argumenta en favor de otro. Esta función se presenta bajo la forma de pares de segmentos donde el segmento ubicado a la izquierda es el segmento apoyante (las premisas) y el ubicado a la derecha es el segmento apoyado (la

conclusión). En consecuencia, el discurso oral se presenta bajo la forma organizada de una serie de pares de segmentos apoyante-apoyado o apoyado-apoyante.

En un segundo momento se procedió a un estudio detallado de la estructura lógico-semántica de tales encadenamientos para ubicar la función argumentativa que consiste en definir el tipo de relación lógica entre segmentos, es decir las modalidades argumentativas. Para ello nos apoyamos en la tipología de la función argumentativa de Apotehloz y Mievilleville (1986) lo que nos llevó a ubicar seis categorías de funciones :

- **Razón:** señala una relación de apoyo para dar cuenta de un hecho que justifica otro hecho.
- **Causalidad:** Señala la relación “causa-efecto” entre segmentos apoyante-apoyado. La causa es un hecho anterior (precedente al efecto): De un efecto constatado, en un tiempo “X”, el locutor se remite a un hecho-causa en un tiempo anterior a “X”.
- **Finalidad:** Señala la relación “acción-fin”: a partir de una acción (hecho-acción), en un tiempo X, el locutor se remite a un hecho-fin en un tiempo posterior a X.
- **Comparación:** Señala una relación de analogía (semejanzas o diferencias).
- **Reformulación:** Señala una relación de refuerzo que consiste en repetir el segmento agregando, omitiendo o negando en el segmento apoyante, elementos del segmento apoyado. En este modo, el segmento reformulante (apoyante) puede sustituir, especificar, expandir, generalizar, resumir, simplificar, transformar (suprimir o agregar) o desarrollar el segmento reformulado.
- **Recurrencia a los hechos:** Señala una relación de refuerzo constatando o remitiendo a lo que se hace o sucede en la realidad que vive el locutor.

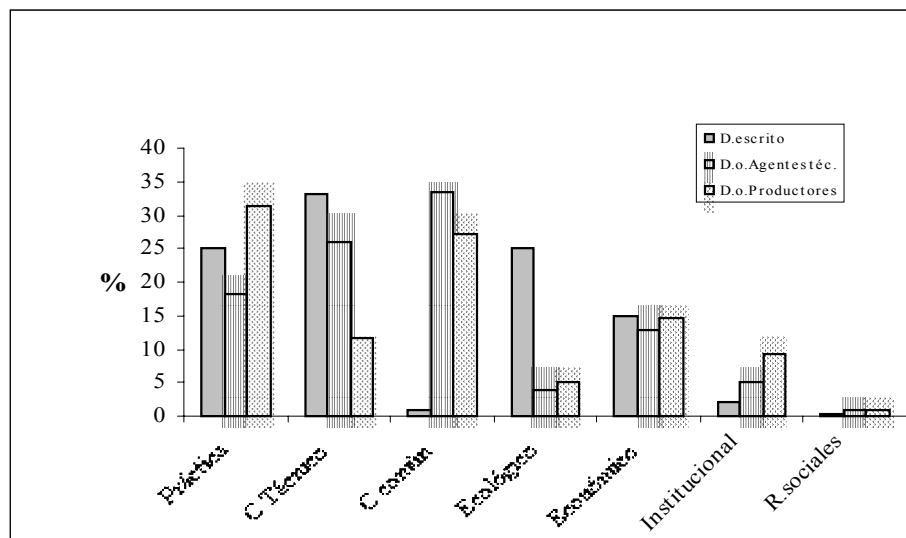
## RESULTADOS: COMPARACIÓN DE LOS DISCURSOS ESCRITO Y ORAL SOBRE FERTILIDAD Y FERTILIZACIÓN

### *Dimensión colectiva del discurso escrito y oral*

En función de los planos e intersecciones consideradas como variables de la dimensión colectiva, mostraremos a continuación las características cuantitativas del discurso escrito (documentos PALMAVEN) y del discurso oral de productores y agentes técnicos.

El número de ocurrencias de las variables encontradas alcanzó a un total de 5197. De ellas, 3747 corresponden al discurso oral y 1450 al discurso escrito.

La Figura 12.2 muestra la distribución de tales variables para el discurso escrito de PALMAVEN y los discursos orales de los técnicos y de los productores.



**Figura 12.2** Comparación de la distribución de variables de la dimensión colectiva de los discursos escrito de Palmaven y oral de los técnicos y productores



Podemos apreciar en la Figura 12.2 que el discurso escrito de PALMAVEN se caracteriza por recurrir, principalmente, a la variable del conocimiento técnico (33%) por tratarse de un discurso de difusión de este tipo de conocimiento. Ello concuerda con el hecho de no dar importancia al conocimiento común (tradición incluida 1%), ninguna a las relaciones sociales y muy poca a lo institucional. Sin embargo, esta última variable está presente de manera implícita pues es una institución la que habla, institución a la cual el poder político ha delegado funciones específicas tales como la de vender ciertas mezclas de abonos (no olvidemos, que para esa época PALMAVEN vendía estos abonos).

Estos débiles pesos son compensados por la importancia dada a lo ecológico (25%) y a la práctica agrícola (25%) aún cuando ella se dirige principalmente a la práctica de tipo tecnológico. Esta distribución indicaría una tentativa de acercamiento a la representación naturaleza - medio natural o naturaleza – ecosistema sin que por ello la representación naturaleza–recurso esté ausente pues lo económico ocupa un lugar relativamente importante (15%).

A diferencia del discurso escrito, el discurso oral de los agentes técnicos, sin dejar de dar importancia al conocimiento técnico (26%), recurre con una frecuencia mucho mayor al conocimiento común (34 %). La práctica ocupa el tercer lugar (18%) y lo económico el cuarto lugar (13%). Lo ecológico es mucho menos valorizado que en el discurso escrito (5%) lo que deja más al descubierto la representación naturaleza–recurso.

La característica principal del discurso de los productores es darle mayor importancia a la práctica (31%) y al conocimiento común (27%). Lo económico y el conocimiento técnico ocupan el tercer (14%) y cuarto lugar (12%) respectivamente. Igual que el discurso de los agentes técnicos, el discurso de los productores recurre poco a lo ecológico (5%) acercándose más a la representación “naturaleza–recurso” que a la de “naturaleza-ecosistema”.

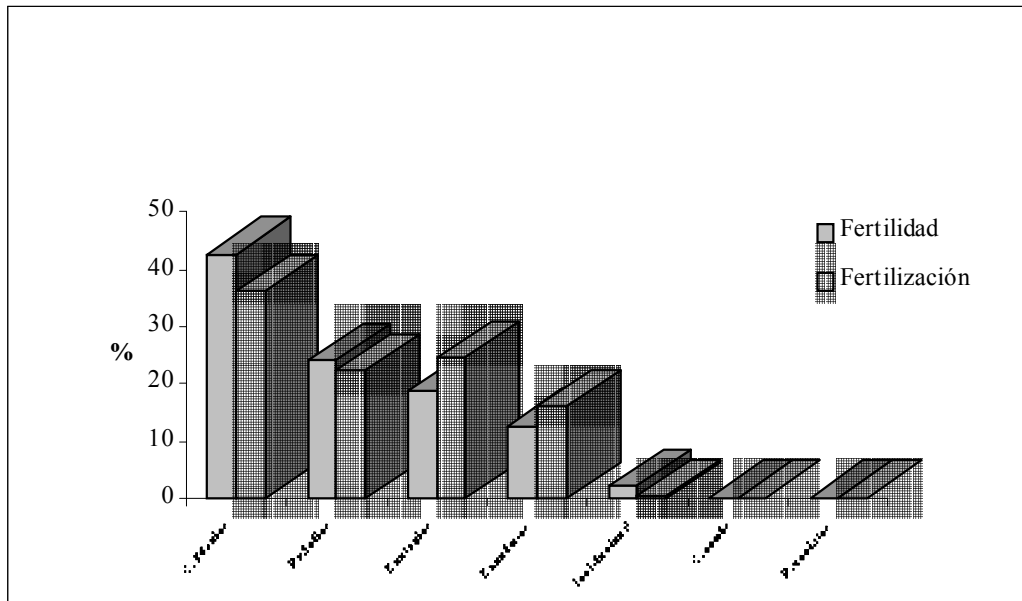
La característica común de todos los discursos es dar poco peso a la variable de las relaciones institucionales y sociales.

Para concluir diremos que este gráfico pone en evidencia el rol de intermediario del agente técnico, pues su discurso, a través de la mayor o menor

recurrencia a las diferentes variables, se acerca tanto al discurso escrito de PALMAVEN, basado, principalmente, en conocimiento técnico, como al discurso oral de los productores, basado, principalmente, en la experiencia práctica y en el conocimiento común.

***Discurso escrito: Distribución de variables de la dimensión colectiva en fertilidad y fertilización***

Aún cuando el discurso escrito acude con una frecuencia mayor a Fertilización (930 ocurrencias) que a Fertilidad (520) el peso relativo dado a las variables de la dimensión colectiva de ambos objetos de discurso, no difiere mucho como se puede apreciar en la Figura 12.3.



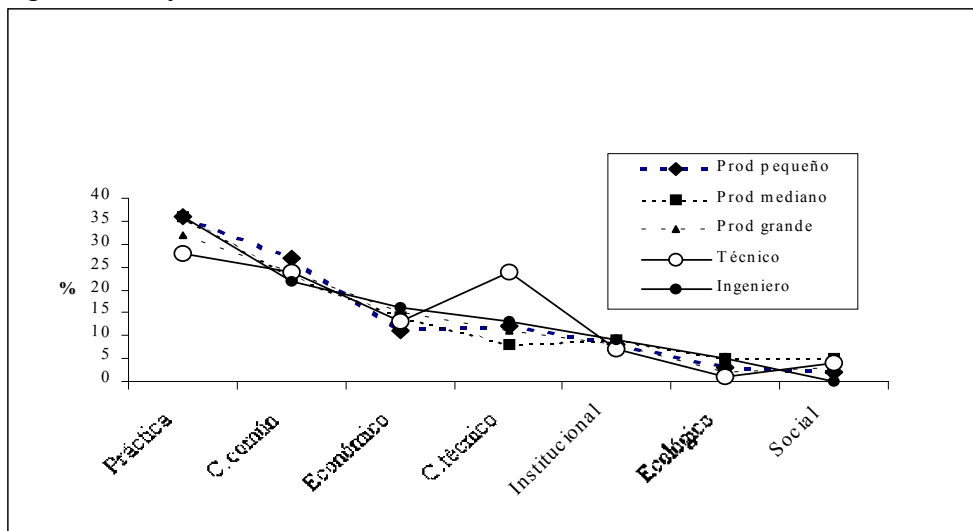
**Figura 12.3** Discurso Escrito: Variables en Fertilidad y Fertilización

Lo que llama la atención en esta configuración gráfica es que, tanto en Fertilidad como en Fertilización, se da el peso más alto a las variables del conocimiento técnico y de la práctica. El peso de tales variables es un poco más elevada en Fertilidad que en Fertilización. Por otro lado se da un menor peso al conocimiento común y a las relaciones sociales.

La ocurrencia a la variable ecológica es menor en Fertilidad que en Fertilización. Ello muestra que los autores de este tipo de discurso no diferencian el concepto estático de Fertilidad (estado inicial del suelo) del concepto dinámico de Fertilización, el cual define intervenciones concretas del hombre en el medio agrícola.

**Discurso oral: Dimensión colectiva y pertenencia social de los sujetos entrevistados.**

A igual que el discurso escrito, el discurso oral recurre más a Fertilización (642) que a Fertilidad (599) pero la diferencia es menor. La pertenencia social de los entrevistados determina, en cierto modo, la repartición de las variables de la dimensión colectiva de las representaciones sociales observándose una diferencia mayor en Fertilidad como se puede apreciar en las Figuras 12.4 y 12.5.



**Figura 12.4.** Discurso Oral “Fertilización”: Repartición Porcentual de variables por categoría de entrevistado

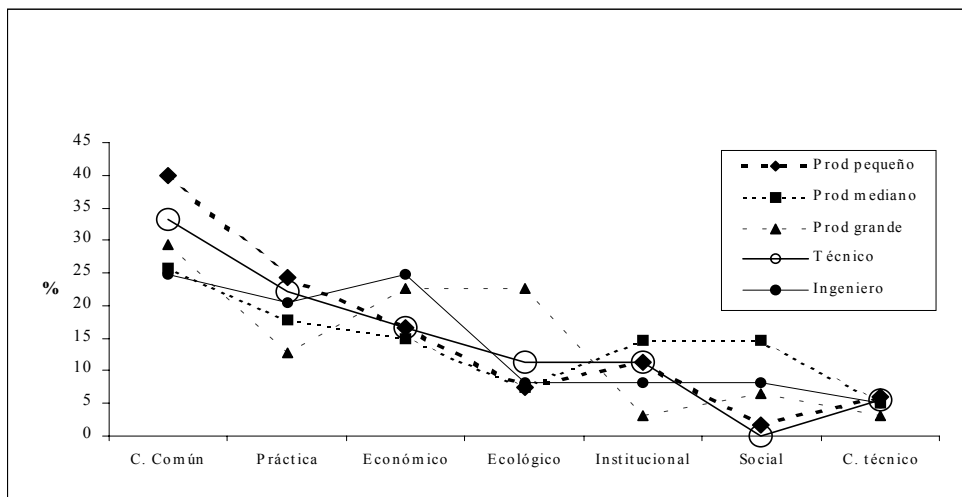
La primera observación que podemos visualizar en la Figura 12.4 es que la importancia relativa de las variables se ordena en una curva similar para las diversas categorías de entrevistados (pequeño, mediano y gran productor ingeniero agrónomo y técnico agrícola). En dicha curva, el peso mayor es dado

a la práctica (entre 28 y 36%) seguido por el conocimiento común (entre 22 y 27%) y por lo económico (entre 11 y 16%). El peso menor es dado a lo ecológico (entre 3 y 5%) y a lo social (entre 0 y 2%).

La diferencia más notorias se encuentra en la variable del conocimiento técnico cuyo mayor peso es dado por los técnicos (24%) y el peso menor por los medianos productores (8%). En este sentido el discurso de los ingenieros se asemeja más que el de los técnicos al discurso de los productores.

La mayor semejanza de todas las categorías de entrevistados, se observa en la variable institucional cuyo débil peso fluctúa alrededor de 9% lo que concuerda, a su vez, con la importancia dada a esta variable en el discurso escrito.

Estos resultados indican que la Fertilización es considerada como una práctica basada, principalmente, en el conocimiento común de los productores y secundariamente en el conocimiento técnico, siendo su finalidad la producción económica.



**Figura 12.5.** Discurso Oral « Fertilidad » Repartición Porcentual de variables por categoría de entrevistado

En lo que concierne a Fertilidad se observa, como en Fertilización, que en la curva por orden decreciente se ordenan las variables de manera muy diferente teniendo cada una de ellas una fluctuación mayor en relación con la categoría de entrevistado.

A diferencia de Fertilización, la variable de mayor peso en Fertilidad es el conocimiento común, teniendo el conocimiento técnico un peso mucho menor. Los que más acuden al conocimiento común son los pequeños agricultores (40%) y los que menos acuden a tal tipo de conocimiento son los ingenieros (25%). En lo relativo al conocimiento técnico, se observa una mayor coincidencia en los pesos dados por todas las categorías de entrevistados, el cual es bastante bajo pues solo fluctúa alrededor de 6%.

Otras diferencias, notorias en cuanto a la fluctuación de pesos dados por las diferentes categorías de entrevistados, se sitúan en las variables económica, práctica y ecológica. En lo referente a lo económico, el peso es un poco más elevado que en Fertilización, fluctuando entre 17 y 25%, siendo los ingenieros los que le atribuyen la mayor importancia y los medianos productores la menor. En el caso de la práctica, el peso varía entre 12 y 24% siendo los pequeños productores los que le dan el valor más alto y los grandes productores el más bajo. En cuanto a la variable ecológica, el peso es mayor que en Fertilización. En este caso, son los grandes productores los que le dan mayor importancia y la menor es dada por los medianos y pequeños productores así como por los ingenieros. Dentro de esta fluctuación de pesos, la semejanza mayor en la recurrencia a las variables se da en el discurso de los pequeños productores y el de los técnicos. A igual que en Fertilización, se observa un débil peso en la variable institucional y social pero la diferencia es que dicho peso se reparte de manera diferente para las diversas categorías de entrevistados siendo los medianos productores los que recurren más a ellas (15% y 14% respectivamente). Los que recurren menos son, en el caso de la variable institucional, los grandes productores (3%). En el caso de lo social los técnicos no recurren a dicha variable.

En conclusión, en el ámbito de la dimensión colectiva del discurso oral de las diferentes categorías de entrevistados, se observa una mayor uniformidad entre categorías de entrevistados en Fertilización que en Fertilidad. Ello permite crear un cierto espacio de interlocución, más o menos definido, favorecido por

el hecho de que ciertos productores son a la vez técnicos o ingenieros y por el hecho de que la utilización de mezclas de abono aconsejadas por los agentes tecnológicos facilitan la obtención de préstamos bancarios. Esta integración es más evidente en Fertilización que en Fertilidad dado que Fertilización es una práctica concreta y Fertilidad es un concepto abstracto.

Las fluctuaciones de los pesos dados a las diferentes variables de la dimensión colectiva del discurso oral es un reflejo de la lógica natural de articulaciones múltiples que orienta el proceso argumentativo el cual se da en la interacción que se produce entre los agentes tecnológicos y los productores. La construcción argumentativa es un proceso individual que penetra y es penetrado por las variables que circulan en la dimensión colectiva. Veamos a continuación las características de esta construcción argumentativa en el discurso escrito y oral y su relación con la dimensión colectiva.

### ***Dimensión individual del discurso escrito y oral: Plano del conocimiento***

Hemos visto como el discurso escrito trata de acercarse al lenguaje común, recurriendo, con una frecuencia diferente, a ciertos planos de la dimensión colectiva de las representaciones sociales sobre la Fertilidad y Fertilización. Para dar una mayor veracidad a su discurso, sus concebidores recurren al principio de causalidad propio de la lógica hipotético-deductiva del conocimiento científico. Sin embargo, dicho principio es modulado con la finalidad de integrarse a las formas de razonamiento del conocimiento común orientado por la lógica natural que da lugar a enunciados que articulan campos de significaciones múltiples.

Veamos a continuación las modalidades del razonamiento tanto en el discurso escrito como en el oral así como sus implicaciones en la dimensión colectiva de las representaciones sociales sobre la Fertilidad y Fertilización de los suelos.

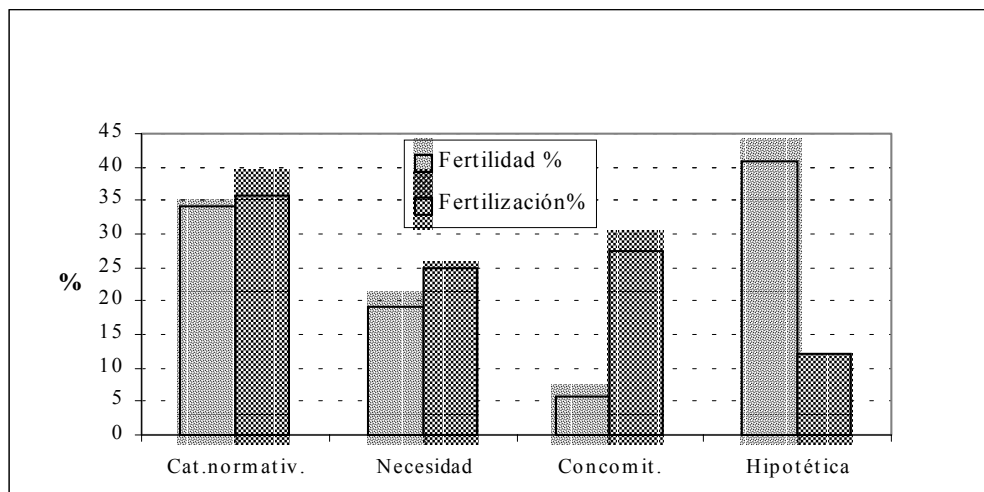
### **Modalidades del razonamiento en el discurso escrito**

Hemos dicho que el discurso escrito de divulgación científica posibilita la incorporación de nuevos elementos del saber en una red de categorías más familiares para hacer concreto lo que es abstracto. Pero lo importante de este

proceso es el hecho de facilitar la comunicación a través de la disociación de un concepto o enunciado científico del cuadro conceptual que les dio origen (Doise, 1990). De este modo, el discurso escrito de PALMAVEN implica una articulación de conocimientos que se construyen entre dos polos: el marcado por el principio de causalidad de la ciencia y de la técnica y el marcado por las relaciones múltiples que caracteriza al conocimiento común. Para lograrlo, modula el principio de causalidad de la ciencia y de la técnica para articular los diferentes temas de su discurso a través diversas formas argumentativas.

Como se señaló en los procedimientos metódicos, el resultado del análisis del discurso escrito de PALMAVEN nos llevó a ubicar las siguientes formas argumentativas que modulan el principio de causalidad: categórica-normativa, hipotética-deductiva, necesidad y concomitancia. La totalidad de tales formas argumentativas alcanza a la cifra de 2013 (905 en Fertilidad y 1108 en Fertilización).

La Figura 12.6 muestra la distribución de tales formas en el discurso escrito relativo a fertilización y fertilidad. Podemos observar en este gráfico dos formas argumentativas que tienen un peso más o menos similar para Fertilidad y Fertilización cuyo peso es marcado por una diferencia mayor.



**Figura 12.6.** Repartición porcentual de las formas argumentativas del discurso escrito.

En los casos de la forma categórica normativa y de la necesidad las cuales afirman normas prescritas bajo una relación causal simple y bajo juicios convincentes que no dan la posibilidad de negarlos, se observan pocas diferencias entre Fertilidad y Fertilización.

En los casos de la forma concomitante y de la hipotética deductiva si aparecen grandes diferencias. La concomitancia, que atenúa el juicio categórico, tiene un peso mayor en Fertilización que en Fertilidad. Ello se podría explicar por el hecho de que Fertilización es una práctica donde se establecen normas que deben obligatoriamente seguirse, pero, para atenuar su carácter impositivo y lograr que sean aceptadas por los productores, se acude a la relación de concomitancia suavizando, así, el juicio categórico.

En el caso de Fertilidad, por el hecho de tratarse de un concepto, recurre más a la forma hipotética deductiva propia del conocimiento científico.

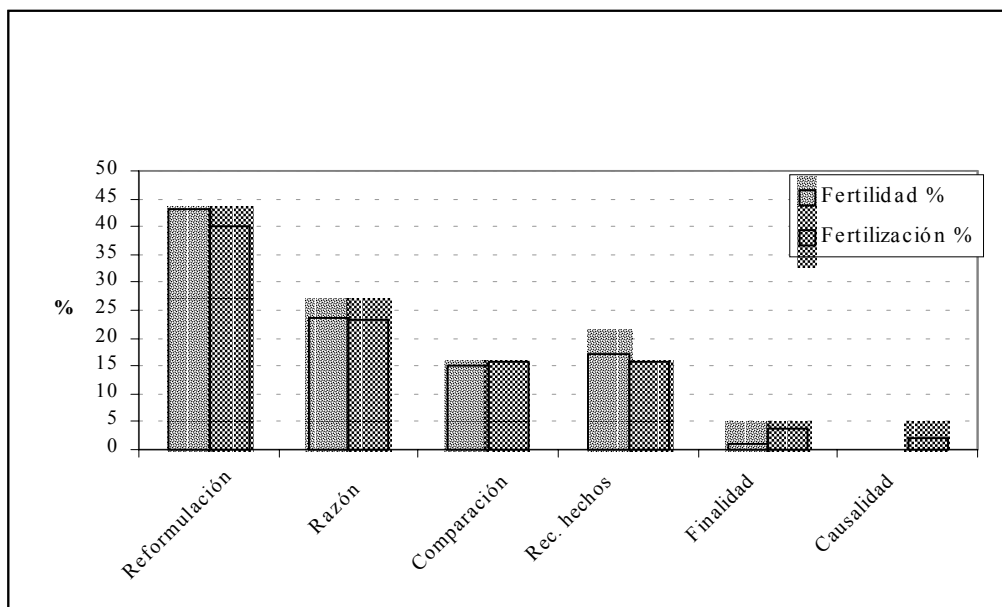
Esto muestra el esfuerzo de hacer pasar al lenguaje común el conocimiento científico. Dicho esfuerzo se amplifica no sólo por utilizar relaciones de concomitancia sino, como lo hemos visto, por recurrir a planos e intersecciones de la dimensión colectiva de las representaciones sociales.

### **Modalidades del razonamiento en el discurso oral y su relación con la pertenencia social.**

El razonamiento en el discurso oral presenta, también, ciertas modalidades que responden a la necesidad de convencer y no de demostrar una verdad como es el caso del razonamiento científico (Romero *et al.* 1995).

Como se mencionó en los procedimientos metódicos, a través del análisis del discurso oral se encontraron las siguientes formas argumentativas de los razonamientos: razones, causalidad, finalidad, comparación, reformulaciones y recurrencia a los hechos y la del conocimiento técnico (Figura 12.7).





**Figura 12.7.** Discurso Oral. Formas argumentativas en Fertilidad y Fertilización

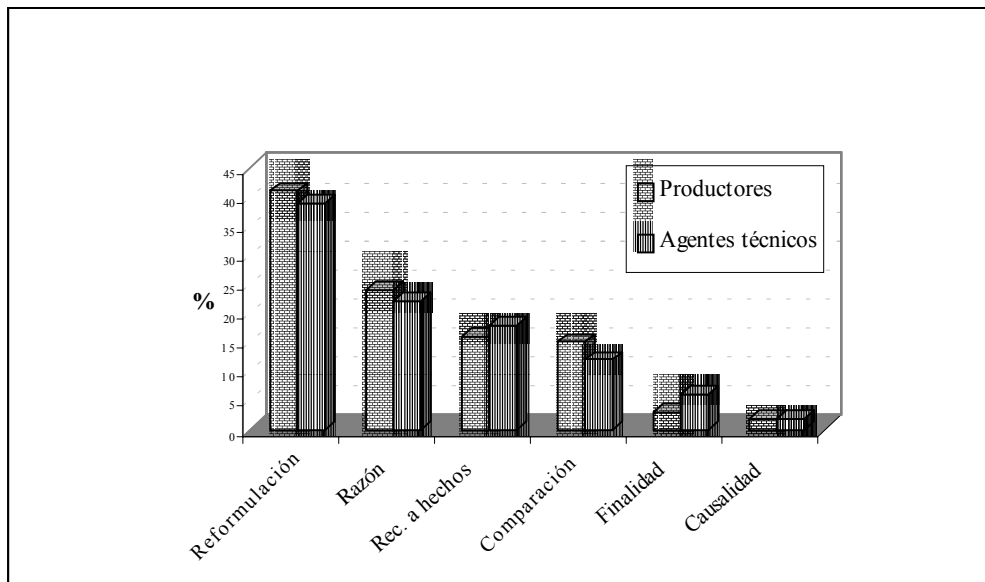
El total de estas formas argumentativas alcanza a la cifra de 1065 (398 en Fertilidad y 667 en Fertilización). Lo más importante que pone en evidencia este gráfico es que los pesos dados a las diferentes formas argumentativas en Fertilidad y Fertilización son semejantes siendo la reformulación la forma a la cual más acuden y la causalidad la de menor peso. Llama la atención que esta última forma argumentativa sólo se utiliza en Fertilización y no en Fertilidad.

La reformulación se presenta a menudo de manera simple, es decir, el sujeto formula un argumento retomándolo inmediatamente sin volver a reformularlo y sin llegar a una conclusión definitiva. Esta forma de razonamiento se aleja mucho de las formas argumentativas del razonamiento formal basado en la relación causa-efecto. Este resultado indica que el razonamiento del discurso oral es más vago y más impreciso que el razonamiento formal que orienta al discurso escrito.

Las otras formas argumentativas (razón, finalidad, comparación, recurrencia a los hechos) a las cuales acude el discurso oral tanto en Fertilización como en Fertilidad son modalidades que inducen a convencer a

través de la analogía, similitudes, diferencias, etc. sin pretender demostrar una verdad.

La frecuencia con la que acuden los productores y los agentes técnicos a las mencionadas formas argumentativas son similares como se puede apreciar en la Figura 12.8.



**Figura 12.8.** Distribución Porcentual de formas argumentativas de productores y agentes técnicos.

La reformulación es la modalidad argumentativa más utilizada y la causalidad la modalidad menos utilizada por todas las categorías de entrevistados.

La reformulación adquiere una forma más compleja en el caso de los agentes técnicos en el sentido que ellos reformulan constantemente ciertos argumentos expuestos al inicio del discurso para llegar a una conclusión definitiva.

En ambas categorías de entrevistados, la reformulación es reforzada por la recurrencia a los hechos, forma argumentativa muy convincente, y a la razón.

El tipo de razón a la cual acuden los agentes técnicos se relaciona más con el conocimiento técnico. En cambio, en el caso de los productores, se relaciona principalmente con el conocimiento común y con su experiencia práctica.

Estos resultados muestran que no existe una fuerte diferencia entre las formas argumentativas utilizadas por los productores y agentes técnicos lo que sería otro indicador de la posibilidad de formar un espacio de interlocución donde predomina el principio orientador de la lógica natural del conocimiento común pero sin descartar, totalmente, el principio de causalidad de la lógica formal.

### ***Visualización gráfica de la dimensión colectiva y del plano del conocimiento del discurso escrito y del discurso oral.***

Como una manera de resumir lo dicho anteriormente e inspirándonos en la alegoría geométrica del pentaedro de Albou (1987), se presentan a continuación 4 pirámides invertidas para visualizar, a través de su configuración, la distancia existente entre el plano del conocimiento y la dimensión colectiva de las representaciones sociales sobre Fertilidad y Fertilización. La base de las pirámides es un polígono que representa la dimensión colectiva de los discursos en estudio. Su configuración está dada por el peso relativo de las variables cuantificadas en los discursos estudiados, variables que están representadas por los segmentos del polígono.

La punta truncada del polígono representa el plano del conocimiento.

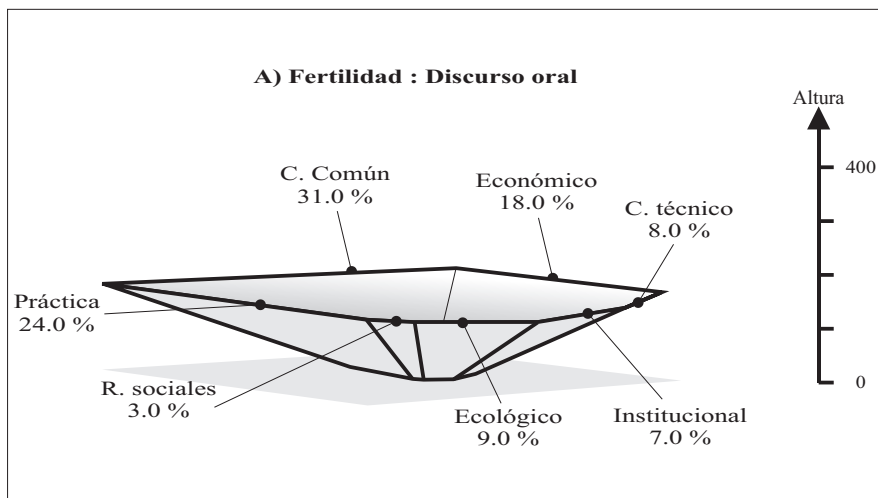
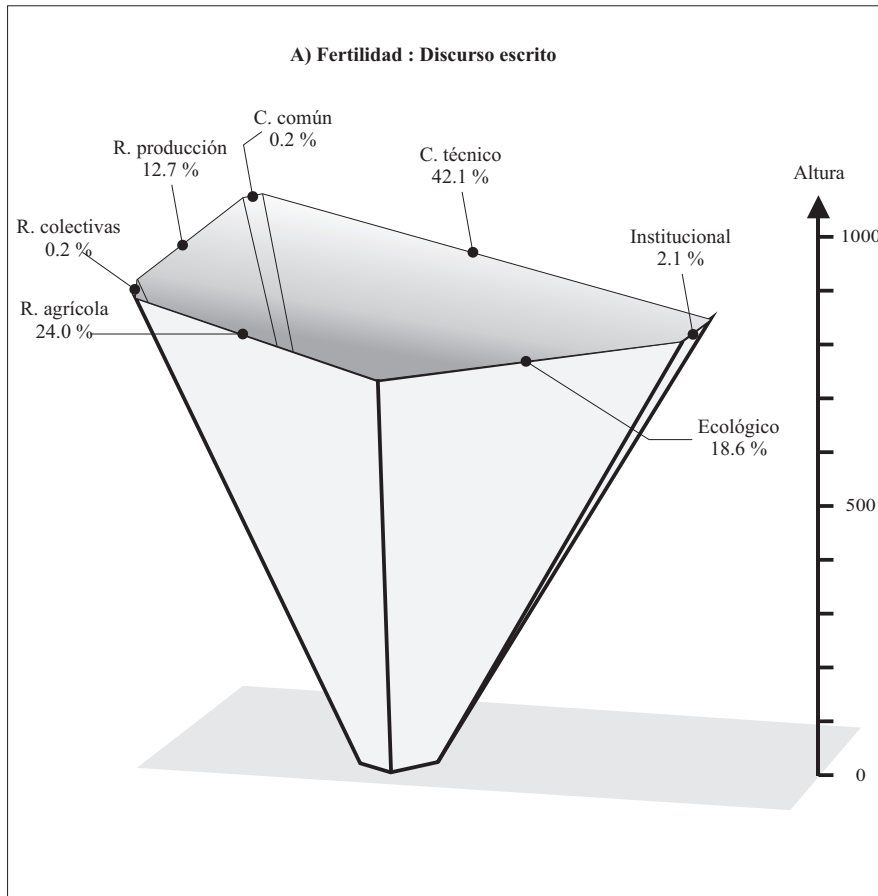
La distancia entre los dos o sea la altura de la pirámide, está determinada por la utilización del principio de causalidad en el discurso escrito que aleja mucho el plano del conocimiento de la dimensión colectiva. A mayor utilización de este principio de causalidad, mayor distancia entre estas dimensiones y menor posibilidad de acercarse al conocimiento común circulante y de cambiarlo si es así necesario (Alvarez de Hétier *et al.* 1998). En el caso del discurso oral, dicha altura está determinada por la frecuencia y tipo de formas argumentativas a las que acuden los entrevistados. La altura de las pirámides expresa entonces, en ambos casos, la distancia entre la dimensión colectiva y el plano del conocimiento individual.

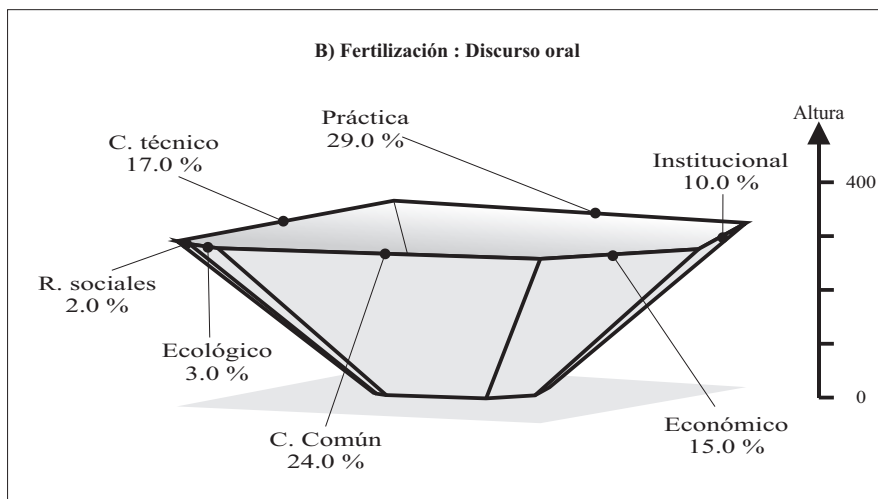
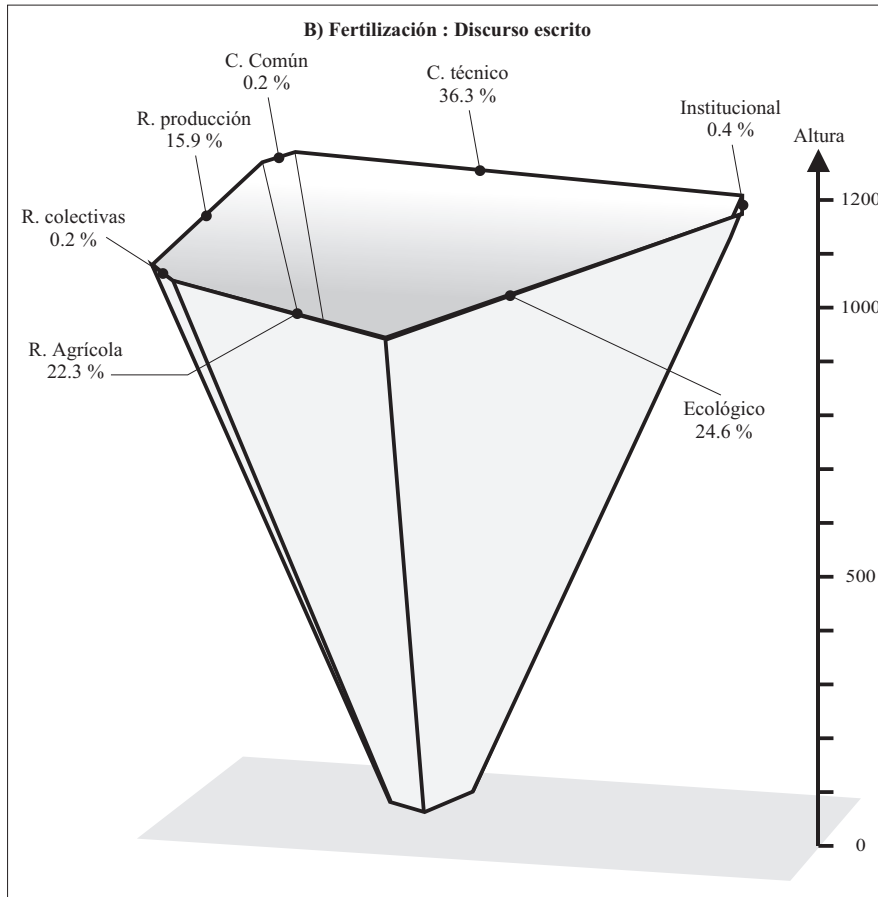
La mayor distancia entre la dimensión colectiva y el plano del conocimiento se observa en el discurso escrito y la menor en el discurso oral. Ello da una configuración alargada a la pirámide del discurso escrito y estrellada aplastada al discurso oral. La forma alargada representa el peso de la lógica formal que orienta las formas argumentativas del discurso escrito. La forma estrellada aplastada representa el peso mayor de la lógica natural, de articulaciones múltiples, que orienta las formas argumentativas del discurso oral.

En lo concerniente a la base del polígono se puede observar ciertas diferencias y semejanzas entre los dos tipos de discurso relativos al peso de los segmentos. La diferencia más notoria es la relativa al tipo de conocimiento al que se acude en los argumentos. En el caso del discurso escrito, tanto en Fertilidad como en Fertilización, se acude mucho más al conocimiento técnico que al conocimiento común. En el discurso oral sucede lo contrario, la ocurrencia mayor se da en el conocimiento común.

La semejanza mayor se encuentra a nivel del peso importante dado a la práctica y a lo económico, y al débil peso dado a lo institucional y a las relaciones sociales. En consecuencia, la forma de la base de las pirámides refleja, en el caso del discurso escrito, el dominio de la tecnología, dominio reforzado por la importancia dada a práctica de tipo técnico y a las relaciones de producción y atenuado por la importancia dada a lo ecológico. En el caso del discurso oral, la forma de la base de las pirámides refleja el dominio del conocimiento común reforzado por la experiencia práctica cotidiana y por la tradición campesina. En este caso, la representación de la naturaleza se acerca más a la representación naturaleza-recurso que a la representación naturaleza-medio natural ya que para los productores, especialmente para los pequeños agricultores (grupo más numeroso de los entrevistados), la producción de su terreno es su medio de subsistencia.

La representación naturaleza-ecosistema es poco evidente en ambos tipos de discurso (Figura 12.9).





## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio indican que una manera de aumentar la eficiencia de las intervenciones en el sector agrícola, es conocer las representaciones sociales no solo de los productores sino de todos los actores sociales implicados en el proceso de producción agrícola. Ello permitiría crear un verdadero espacio de interlocución entre « conceptores », « decididores », ejecutores y productores agrícolas. El proceso de toma de decisiones debería basarse, por lo tanto, en el principio que postula que no existen mentes vacías que necesitan ser « llenadas » y así poder enfocar las acciones de extensión para reestructurar los conocimientos existentes armonizando sus lógicas y producir los cambios necesarios.

El discurso escrito de PALMAVEN es el producto de representaciones sociales que se hacen sus elaboradores en torno a la ciencia, la técnica, a los productores y a la relación hombre-naturaleza. Aún cuando se hace el esfuerzo por acercarse al lenguaje común, el peso de este discurso está fuertemente determinado por la fuente que elabora el o los mensajes y poco por las personas a las cuales se dirigen. La importancia dada a lo ecológico atenúa este rasgo impositivo, más aún, por el hecho de ubicarse dentro de la representación de la naturaleza como medio natural que debe protegerse.

El discurso oral de los agentes tecnológicos se acerca más que el escrito a la lógica del conocimiento común de los productores. Ello muestra su función de mediación entre el discurso escrito y el discurso oral de los productores. Dicha función favorece la creación de un espacio de interlocución por el hecho de tratar a los productores, no solo como receptores de un mensaje, sino también como interlocutores. De esta manera logran, hasta cierto punto, transmitir el mensaje sobre el uso adecuado de los fertilizantes, logro que se manifiesta en la importancia dada por los productores al conocimiento y prácticas tecnológicas y en la manera positiva de evaluarlas.

Sin embargo, ello no se logra totalmente. Una de las razones es la concepción imperante del proceso de comunicación como una simple transmisión de conocimientos y no como un espacio propicio para el desarrollo de un proceso de inducción en todas las categorías de productores. Otra de las razones tiene que ver con la poca importancia que se da a la necesidad de

organización social de los productores, incluyendo los pequeños agricultores, gran parte de los cuales no están integrados en las asociaciones existentes formadas por los grandes agricultores. Ello podría estar relacionado con la primacía del beneficio económico sobre lo social y lo ecológico, lo que impediría la conciliación del desarrollo económico con la protección de los recursos naturales.

La confusión de los objetos de representación: Fertilidad y Fertilización tanto en el discurso escrito como en el oral, es otro obstáculo que impide alcanzar los objetivos perseguidos por los programas de extensión y sustentabilidad agrícola, y cambiar la representación “naturaleza-recurso” hacia una representación de “naturaleza-ecosistema”.

Todos estos obstáculos están estrechamente ligados a la complejidad del sector agrícola. En las tentativas de favorecer el auge de los principios del desarrollo sostenible, sería conveniente programar acciones multidisciplinarias en el proceso de comunicación con los productores que den importancia al estudio de las variables sociales, institucionales, económicas, ecológicas u otras. De esta manera se reforzaría, por una parte, la tarea de los agentes tecnológicos quienes no pueden afrontar solos una complejidad tan fuerte. Por otra parte, se articularían las ciencias del hombre y de la sociedad a las disciplinas de las ciencias de la naturaleza, lo que facilitaría el análisis de la relación hombre-naturaleza, relación en la cual las representaciones sociales juegan un papel importante.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Albou P., (1986-87), Le Modèle Ternaire, Le Journal des Psychologues, N°43, pp.36-37.

Alvarez de H. L. (1997), Aproximación a la dimensión colectiva de las representaciones sociales de la fertilidad y fertilización de los suelos, FERMENTUM, Revista venezolana de Sociología y Antropología, N° 11, pp. 137-149, GISAC, ULA, Mérida, Venezuela.

Alvarez de H. L. et al., (1998), Analyse du discours oral et écrit sur la fertilité et la fertilisation des sols de savane ( llanos) au Venezuela, trabajo



presentado en el Symposium 44: Comment mieux faire connaître le sol, la science du sol et ses applications, 16° Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo, Montpellier, Francia.

Amin Samir, (1972), Le modèle théorique d'accumulation et de développement dans le monde contemporain, Revue Tiers-Monde, N°52, pp.39-47.

Apotheloz D., Mieville D., (1986), Cohérence et discours argumenté, in M. Charoles éd., The Resolution of Discourse, Hambourg, Buske Verlag.

Atlan H., (1980), Créativité, et réversibilité du temps, Prospective et Santé N°13, pp. 23-28.

Belo, F. (1976), Lecture Materialiste de l'Évangile de Marc : Récit - Pratique - Idéologie. Paris, Les Éditions du Cerf, 415 p.

Doise, W., (1990), Les représentations sociales, en Les Représentations Sociales, Chapitre 2, Traité de Psychologie Cognitive, Bordas, Paris. p. 111-174.

Foucault M. (1975), Surveiller et Punir (naissance de la prison), Paris, Ed. Gallimard, 318 p.

García A. 1978, La estructura del atraso en América Latina, Buenos Aires, Ed. El Ateneo , 364 p.

Ghiglione, R., (1990), Le «qui» et le «comment», en Les Représentations Sociales, Chapitre 3, Traité de Psychologie Cognitive, Bordas, Paris. p. 175-226.

Granai G., (1964), Le problème du changement social et la théorie sociologique, Cahiers Internationaux de sociologie, Vol. 36, p. 33-46.

- Green J. R., (1996), Comunicación estratégica y cambio tecnológico, en FONAIAP Divulga, Revista de difusión de tecnología agrícola y pesquera, N°51, pp. 56-58, Venezuela.
- Grize JB., Vergès P., Silem A., (1987), Salariés face aux Nouvelles Technologies: Vers une approche socio-logique des représentations sociales, Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 223 p.
- Grize J.B. (1990), Logique et Langage, Ed. Ophrys, Paris, 153 p.
- Grize J.B., (1982), De la logique à L'argumentation, Librairie Droz S.A., Genève. 1° édition, 266 p.
- Grize JB., (1991), Logique naturelle et représentations Sociales, en Les Représentations Sociales, bajo la dirección de Denis Jodelet, Ed. Presses Universitaires de France. Paris, pp. 152-168.
- Jodelet D. (1991), Représentations Sociales : un domaine en expansion, en Les Représentations Sociales, bajo la dirección de D. Jodelet, Ed., Presses Universitaires de France. Boulevard Saint-Germain, pp. 31-61.
- La Extensión Rural en América Latina y el Caribe, 1971, Informe de la Conferencia Técnica de Extensión Agrícola y Juventud Rural, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
- Martinez Alier J., (1994), Agricultura campesina, mercado y biodiversidad. Valoración económica vs. valoración sociológica, Nueva Sociedad, N° 132, Julio-Agosto, 1994, pp.30-43.
- Mendoza Sanchez B. (1998), Tecnología y Modernización Agrícola en Venezuela. El caso de los Sistemas de Producción en los Llanos Occidentales, UNELLEZ 323 p., Barinas, Venezuela.

- Moscovici S., (1991), Des représentations collectives aux représentations sociales, in Les Représentations Sociales, 2° ed., bajo la dirección de D. Jodelet, Ed. Puf, Paris, pp. 62-86.
- Paredes de Torre G., (1993), Aplicabilidad de un Modelo de Extensión Universitaria, Talleres Gráficos Universitarios, Mérida, Venezuela, 202 p.
- Picón B. (1995), «Representaciones de la naturaleza y normas de gestión del espacio rural», (Conferencia) Actas del Seminario organizado en Mérida (Venezuela) del 1 al 3 de junio de 1995, bajo la dirección de Jean-Marie Hétiér Alianza Francesa Mérida, ORSTOM.
- Ramirez E. (1995), « Políticas de fertilizantes en Venezuela», (Conferencia) Actas del Seminario organizado en Mérida (Venezuela) del 1 al 3 de junio de 1995, (Alianza Francesa Mérida, ORSTOM Eds.).
- Rigas Arvanitis (1996), La Relación Incierta: Ciencia aplicada y desarrollo en Venezuela, Fondo Editorial Fintec, 360 p., Caracas, Venezuela.
- Romero A., Fernandez L. y Alvarez. L., (1995), “Organización argumentativa del discurso: Las representaciones sociales sobre fertilización de los suelos en los Llanos Occidentales de Venezuela”, OPCION Revista de Ciencias Humanas y Sociales, N°18, pp. 75-86. Universidad del Zulia, Facultad Experimental de Ciencias, Departamento de Ciencias Humanas, Maracaibo, Venezuela.
- Rondon A.(1996), La gestión innovadora de la INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA EN EL FONAIAP: Planificación, Seguimiento y Evaluación de proyectos y actividades, en FONAIAP Divulga, Revista de difusión de tecnología agrícola y pesquera, N°51, pp. 14-15, Venezuela.

- Sebillotte M. (1995), Recherche-système et action. Excursions interdisciplinaire. Actes du séminaire Farmer systems de Montpellier.
- Vidal D., (1983), Le malheur y son prophète, Paris, Payot, 368 p.
- Vila C., (1979), Política Social y la cuestión del Estado, Revista Acción Crítica, Vol. 14, pp. 75-82.
- Vergès P., (1986), Une approche des représentations économiques par les sciences sociales et cognitives, Cahiers du CNRS, Laboratoire de la Vieille Charité, Marseille, France. p. 27 y Current Issues, in European Social Psychology II.
- Vuarin R., (1985), Raisons et déraisons du développement, doc. inédito, U.E.R. de Sociología, Universidad de Provence.



---

**LA DEMANDA TECNOLÓGICA DEL SECTOR  
AGRÍCOLA, LLANOS OCCIDENTALES,  
ESTADO PORTUGUESA, VENEZUELA**

*Eduardo Casanova  
Juan Comerma*

**INTRODUCCIÓN**

La productividad de los cultivos depende de una complicada relación suelo-planta-clima-animal-hombre (agricultor) y, para que ese proceso productivo termine con éxito, se requieren de factores externos tales como políticas agrícolas de cada país, generación y adaptación de tecnologías, financiamiento, mercado (agroindustria), definición de precios de recepción, valor agregado a los productos hasta que estos llegan al consumidor final, es decir una consideración de toda la cadena agroproductiva.

En Latinoamérica, ciertos productores agropecuarios han contribuido, por generaciones, con el suministro de alimentos básicos para la población y el consumo animal, así como con la fibra necesaria para el vestido y la madera necesaria para la industria forestal. Su entorno rural se constituye en un obstáculo para que este productor pueda utilizar mejores técnicas de cultivo e introducir nuevas tecnologías para que su proceso productivo sea más rentable. En los últimos 15 años han surgido iniciativas institucionales para interactuar con los productores, con el fin de que la investigación agrícola esté más directamente relacionada con sus problemas.

Los centros internacionales, conjuntamente con los sistemas nacionales de investigación, han logrado importantes resultados debido a la participación activa de algunos productores. Estas acciones tienen generalmente como finalidad involucrar al productor como protagonista primario del proceso de investigación y están diseñadas para completar la investigación en las

estaciones experimentales. Ellas enfatizan sobre el diagnóstico de los problemas para establecer prioridades de investigación y adaptan y evalúan tecnologías as nivel de finca. El proceso de asistencia técnica y la transferencia de tecnología que tuvo mediano éxito en la década de los sesenta, se ha venido a menos, fundamentalmente por limitaciones financieras de los entes gubernamentales encargados de esa función.

En Venezuela, desde 1990, comienzan algunas iniciativas para tratar de solventar ésta deficiencia oficial. Es así, que diversas empresas como la Fundación Servicio para el Agricultor (FUSAGRI), empresas rentables Universitarias como la REUNELLEZ, (Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora), EUDOCA (Universidad de Oriente), RENFAGRO (Universidad Central de Venezuela) y la filial agrícola, ambiental y social de Petróleos de Venezuela (PDVSA – Palmaven) inician la actividad de asistencia técnica al productor, la cual consiste en detectar sus necesidades en el paquete tecnológico que aplica y dar las recomendaciones técnicas para mejorar su productividad. Lamentablemente, 10 años más tarde, de todas las instituciones mencionadas anteriormente, solo FUSAGRI y PDVSA – Palmaven continúan con esa actividad.

La misión de Petróleos de Venezuela-Palmaven (PDVSA-PALMAVEN) es integrar a la industria petrolera con su entorno rural y aportar apoyo estratégico para el desarrollo armónico de sus actividades con la comunidad, el ambiente y la agricultura. En el sector agrícola PDVSA-PALMAVEN cuenta con el Servicio de Asistencia Técnica Integral (ATI) cuyo objetivo es facilitar el proceso productivo al agricultor y aumentar la rentabilidad del negocio agrícola. De esta manera, asesora al productor durante todas las etapas del quehacer productivo en cuanto a la selección del paquete tecnológico del cultivo, gestión crediticia, seguro agrícola, insumos oportunos y a menor precio y gestión en la colocación de la cosecha. Este servicio lo ha ofrecido desde 1992 y sus principales logros alcanzados de manera progresiva y en sectores diferentes, se pueden resumir de la siguiente manera:

- introducción de nuevas metodologías a menor costo
- mayor dedicación del productor a la actividad productiva
- ahorro y oportunidad en la adquisición de insumos
- uso eficiente y alta recuperación del crédito
- tasas preferenciales en seguro agrícola

- financiamiento de la banca comercial a pequeños productores
- mejoramiento de la rentabilidad del negocio agrícola
- generación de empleos directos e indirectos para agrotécnicos y profesionales relacionados al sector.

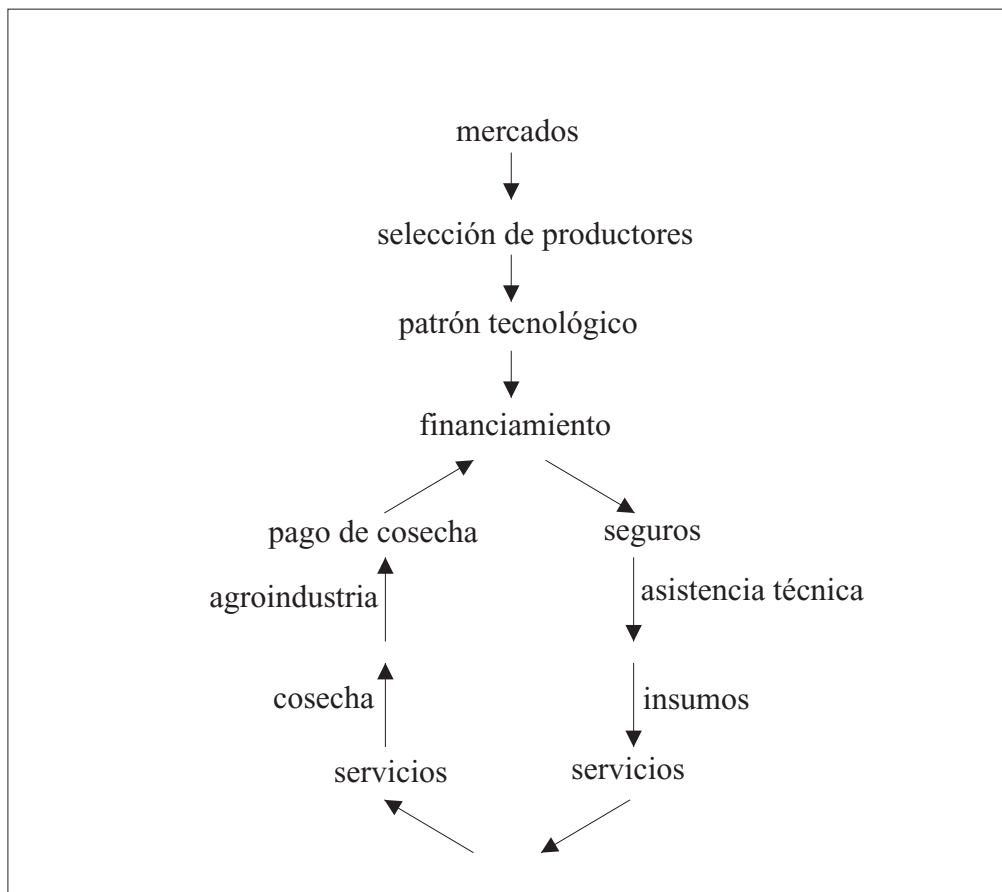
En la Figura 13.1 se observa la logística del proceso la cual se desarrolla en las siguientes acciones:

- selección de mercado donde se colocará el producto,
- selección de los productores con base en ciertos requisitos (disponibilidad de capital y equipos, tenencia de la tierra, historia crediticia),
- definición del patrón tecnológico para el rubro a asistir,
- asistencia técnica durante todas las fases del cultivo,
- obtención del crédito agrícola y del seguro,
- obtención de los insumos y servicios necesarios para el proceso,
- cosecha y la gestión de colocación en la agroindustria
- recuperación del crédito obtenido.

Para prestar este servicio PDVSA-PALMAVEN cuenta con oficinas en 16 ciudades de Venezuela. Desde 1992, se han atendido aproximadamente 11.000 productores operando sobre cerca de 300.000 ha. Así anualmente se atienden entre 2000 a 3000 productores lo que corresponde a 50.000 a 80.000 ha. Venezuela tiene una población de aproximadamente 300.000 productores para rubros anuales y permanentes por lo que los atendidos técnicamente por PDVSA-PALMAVEN representan aproximadamente el 4% de ese total. Uno de los principales éxitos del servicio es el incremento en los rendimientos en los rubros atendidos.

El contacto diario de los Asistentes Técnicos con los productores permitió definir algunas necesidades tecnológicas por rubros y regiones agrícolas del país que fueron cuantificadas mediante una encuesta aplicada a los asistentes técnicos orientada a conocer los factores determinantes del comportamiento de los principales renglones de producción atendidos por este servicio.





**Figura 13.1** Servicios técnicos agrícolas: diagrama de proceso

Los objetivos propuestos en este trabajo fueron los siguientes:

- a) Conocer la Demanda Tecnológica en el sector agrícola asistido.
- b) Jerarquizar los problemas tecnológicos que inciden en la producción y productividad de los cultivos.
- c) Conocer los problemas que inciden en la rentabilidad de los cultivos asistidos.

- d) Determinar los factores claves que afectan la producción, productividad y rentabilidad por cultivo y área geográfica.

## **METODOLOGÍA**

### *Antecedentes*

La información, en Venezuela, sobre esquemas metodológicos para detectar demandas tecnológicas pueden encontrarse en tres instituciones:

- INIA, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, anteriormente FONAIAP, que es la institución oficial de investigación agrícola en Venezuela.
- PROCIANDINO, institución que promueve el uso de tecnologías en el sector agrícola y pecuario en los países andinos.
- AGROPLAN otra empresa de Planificación Agrícola del sector privado y generadora de información y estadísticas agrícolas a nivel nacional.

El FONAIAP (INIA) ha realizado experiencias que permiten definir la demandas tecnológica en los subsectores vegetal, animal y pesquero, en función de las actividades realizadas en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 10 Centros Estatales de Investigación Agropecuaria, y 6 Estaciones experimentales: luego ha realizado comparaciones con la oferta tecnológica generada desde 1980 (Martínez, 1996). En el subsector vegetal, este autor describe 147 tecnologías generadas a través de proyectos y actividades de investigación en los rubros de importancia agrícola nacional.

El inventario de las tecnologías de PROCIANDINO siguió el esquema metodológico descrito por el Programa Cooperativo de Innovación Tecnológica Agropecuaria para la Región Andina (PROCIANDINO, 1990) y presenta la información sobre la tecnología e institución donde fue creada en base a un manejo automatizado de datos (CDS/MICROISIS) recuperando la información por cultivo, disciplina, usuario de la tecnología, creador, institución y palabras claves.

AGROPLAN presta servicios para detectar las demandas tecnológicas en el sector agrícola a través de la aplicación de encuestas parecidas a las usadas en este trabajo.

Por otra parte, la Fundación Polar-Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ) (1993) ha descrito una metodología de transferencia tecnológica en el cultivo del maíz en la cual se definen los requisitos edafoclimáticos, las áreas maiceras en producción, la disponibilidad de vialidad e infraestructura y editado una “Guía de Referencia” con las prácticas agronómicas consideradas exitosas para aplicarlas en unidades de producción, lotes y agricultores. Otros autores como Acevedo (1991), Gómez (1991) y Gutiérrez (1991), han realizado estudios técnico económicos sobre el maíz en Turén, Portuguesa, en el Municipio Bruzual del estado Yaracuy, así como maíz-ajonjolí en Turén, Portuguesa, a partir de la información obtenida en instituciones regionales tales como el Ministerio de Agricultura y Cría (MAC) y el FONAIAP, y de organizaciones y muestra de productores. Ellos aplicaron una encuesta para la recopilación de datos sobre el sistema de producción; los datos obtenidos fueron revisados, ordenados y procesados para detectar los problemas tecnológicos más importantes del rubro estudiado y sus posibles soluciones.

### ***Esquema metodológico***

En el presente trabajo, se identificaron los factores claves determinantes de la productividad y la producción a nivel nacional y las diferentes entre sistemas y zonas de producción. También se identifican, para cada cultivo, los componentes tecnológicos y las causas asociados a cada uno de ellos para terminar en la elaboración de un perfil tecnológico para cada rubro, el cual es posteriormente validado con expertos en el cultivo y técnicos en las zonas de producción. A los fines de que el paquete tecnológico de los rubros investigados sea mejorado, las tecnologías generadas en los centros de investigación son dadas a conocer a las instituciones responsables de la asistencia y transferencia tecnológica a nivel nacional, como por ejemplo la Fundación para la Capacitación e Investigación Aplicada a la Reforma Agraria (CIARA), PALMAVEN, Oficinas de extensión (“rentales”) Universitarias, etc.

Para cumplir con los objetivos más arriba mencionados se preparó una encuesta sobre los cultivos maíz, arroz y pastos que fue llenada por 13 técnicos

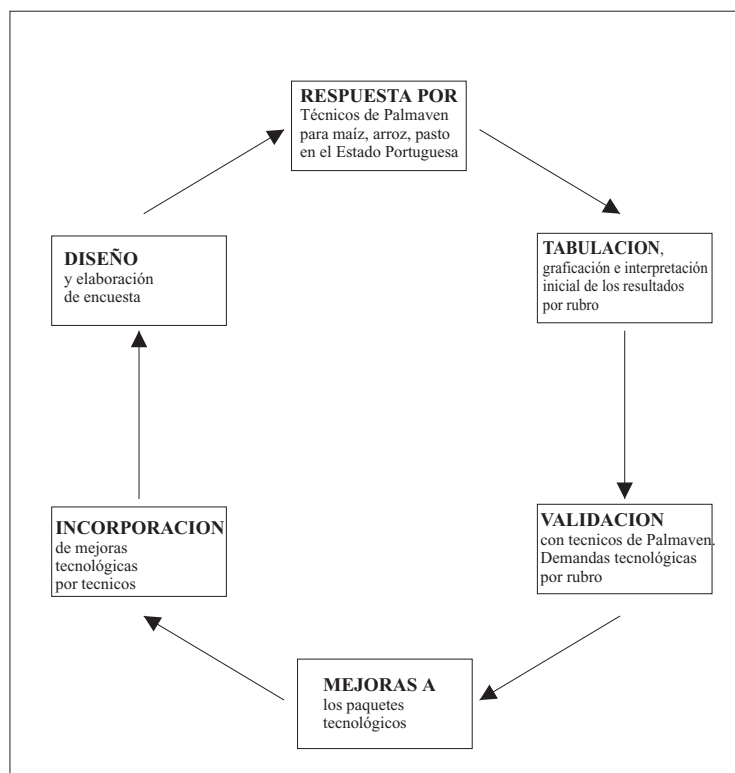
de Asistencia Técnica Integral (ATI) de PDVSA-PALMAVEN, Oficina de Portuguesa. Las principales áreas analizadas fueron semillas, uso y manejo de suelos y aguas, nutrición y fertilización, material de propagación (pastos) y siembra y plantación. Una muestra de la encuesta aplicada figura como anexo al final de este trabajo. La información obtenida en las encuestas fue referida al ciclo de invierno de 1997 y 1998.

Los pasos que se contemplaron en la aplicación del esquema metodológico fueron los siguientes:

1. Diseño y elaboración de la encuesta.
2. Respuesta de la encuesta por los Técnicos de Asistencia Técnica Integral, por oficina y rubro, incluyendo el paquete tecnológico por rubro actualmente usado según las siguientes normas de trabajo. A los componentes tecnológicos primarios (nutrición y fertilización; uso y manejo de suelos y aguas; semillas; siembra) se asignó una puntuación del 1 a 4, siendo 4 la mayor ponderación (más importante). Dentro de cada factor primario se establecieron los factores secundarios, los cuales recibieron una puntuación similar a los factores primarios. Finalmente, dentro de cada factor secundario, se seleccionaron las causas más limitantes (problemas tecnológicos) marcadas por el encuestado. Estos resultados se tabularon por cada encuestado para obtener la ponderación final (suma de todos los encuestados) en cada una de los factores mencionados.
3. Tabulación, graficación e interpretación inicial, por oficina y rubro. Consolidación del análisis por rubro, de varias oficinas. Identificación, para cada cultivo, de los componentes tecnológicos y las causas asociadas a cada uno de ellos que afectan su producción, productividad y rentabilidad.
4. Discusión con los Técnicos de Asistencia Técnica Integral de cada oficina y aclaratoria de las dificultades encontradas en los puntos 2 y 3.
5. Procesamiento definitivo de la información obtenida en el punto 4 y redacción final del Informe por oficina y rubro. Los pasos que se describen a continuación, se realizaron tomando en cuenta la información obtenida de instituciones de investigación, expertos, productores y empresas del agro, para confrontar la demanda con la oferta tecnológica existente.

6. Validación y análisis de los resultados con expertos, productores (medianos y exitosos) y técnicos de otras empresas, mediante la realización de Talleres de trabajo para la definición final de la demanda tecnológica en cada rubro.
7. Reunión de intercambio con FONAIAP y Universidades para contrastar la demanda tecnológica de cada rubro con la oferta tecnológica existente o planificada.
8. Acciones derivadas de los puntos anteriores que permitan una mayor eficiencia de los paquetes tecnológicos aplicados por ATI en los rubros estudiados.

La Figura 13.2 describe de manera gráfica el procedimiento de detección de demandas tecnológicas aplicado para cada rubro.



**Figura 13.2** Diagrama metodológico para detección de demandas tecnológicas para los rubros maíz, arroz y pasto en el estado Portuguesa, Venezuela

## RESULTADOS

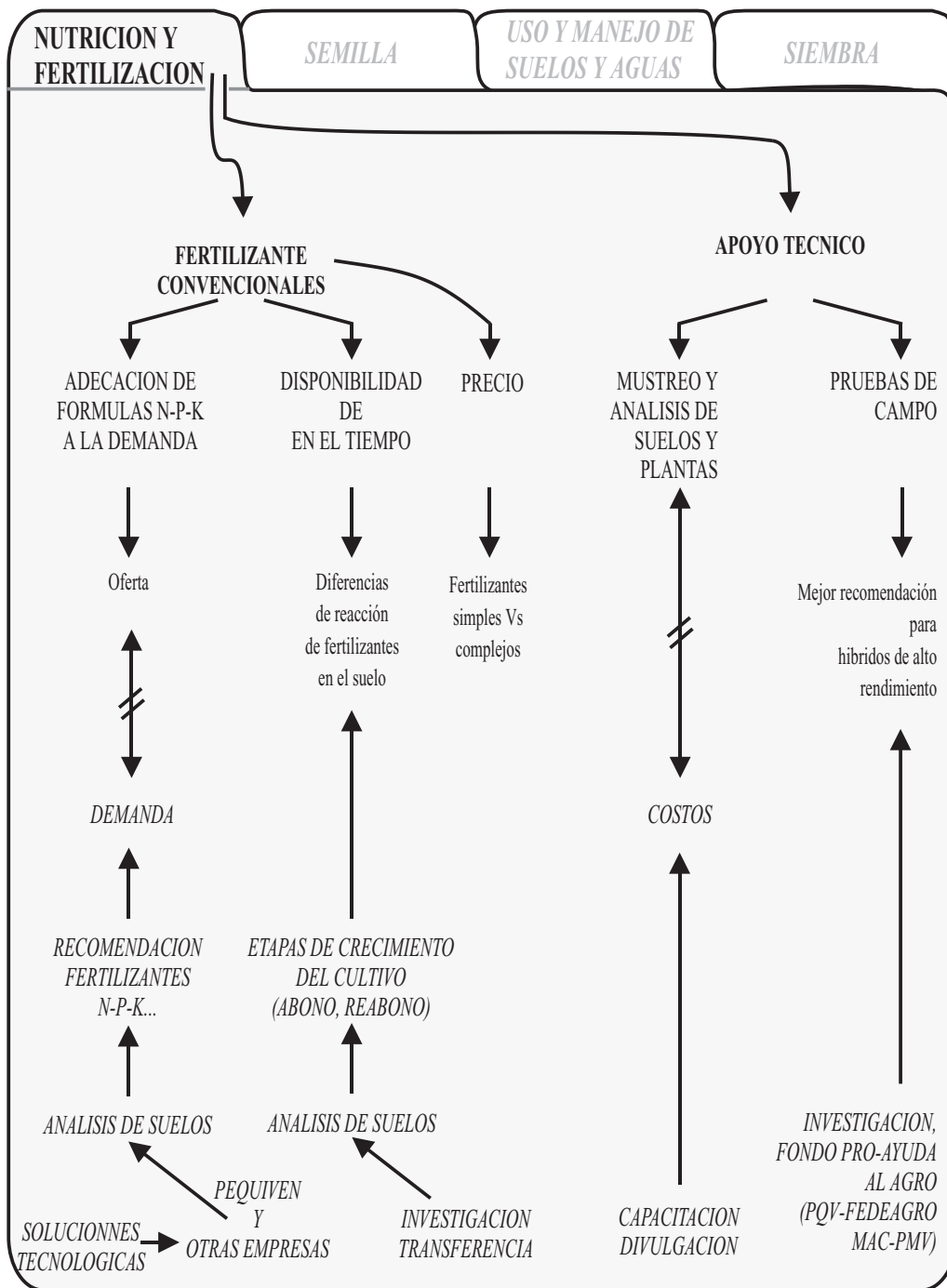
### *Maíz – Portuguesa. Demanda tecnológica y jerarquización de los problemas tecnológicos que inciden en la producción y productividad del cultivo.*

Se muestra primeramente el paquete tecnológico comúnmente usado, el cual se quiere mejorar (Cuadro 13.1).

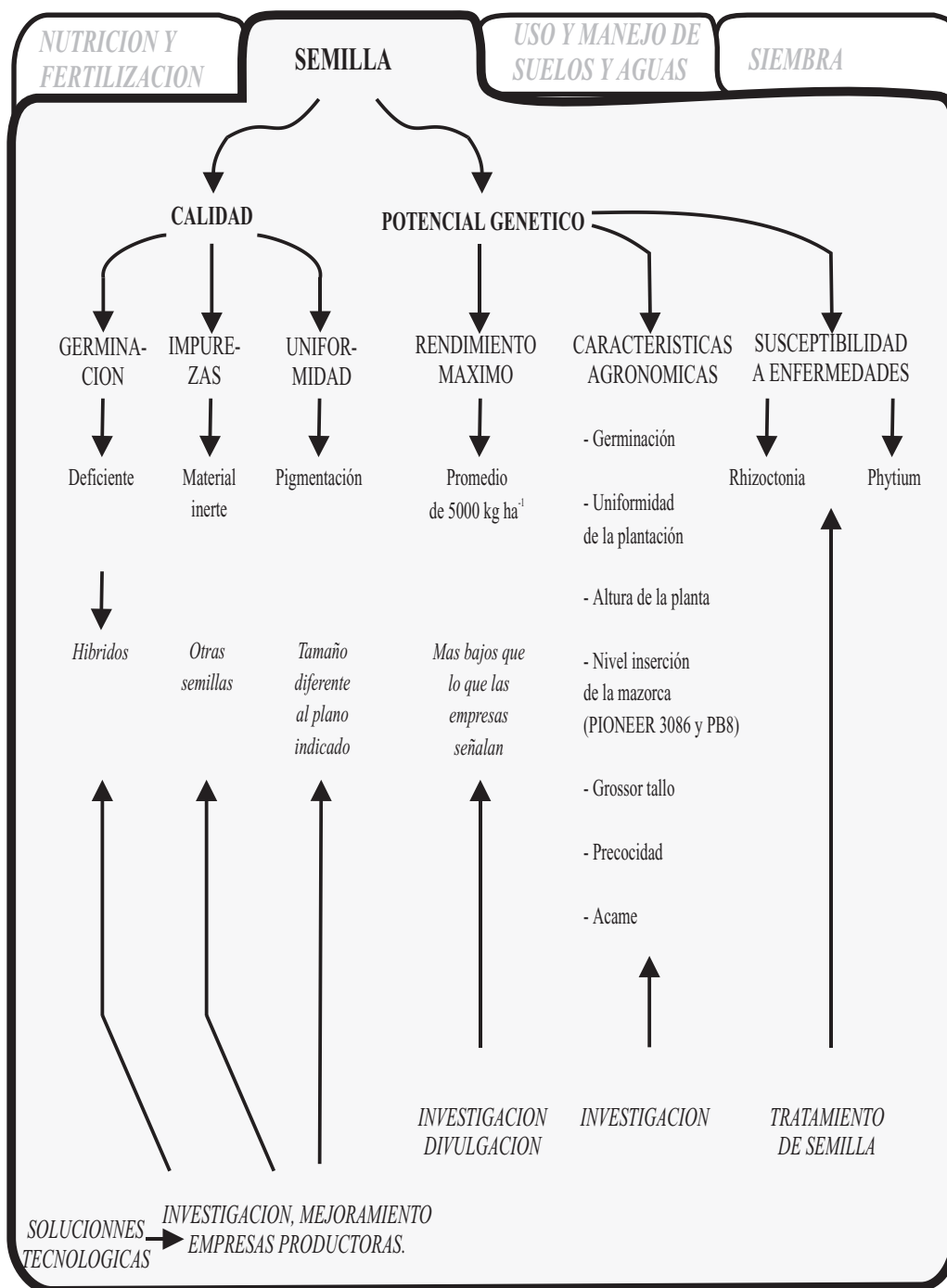
**Cuadro 13.1.** Paquete Tecnológico aplicado al cultivo de maíz en el estado Portuguesa

1. Preparación de Tierras: 1 pase de big rome y 4 pases de rastra	5. Control de Malezas: herbicida preemergente (Gesaprin M-O-F 1,7 kg/ha), herbicida postemergente (AFCENT 40 g/ha)
2. Siembra: 20 kg/ha de semillas de los híbridos Cargill C-114, C-580; Pioneer 30M48 y 3086; Himeca 92 y 2000	6. Control de Plagas: 2 a 3 aplicaciones de Piretroide a 400 cc/ha (Karate, Bulldock, Decis). La primera aplicación en forma mecánica, la segunda con el herbicida postemergente y, de ser necesaria la tercera en forma aérea
3. Fertilización Básica: 300 kg/ha de 10-26-26 CP con la siembra	7. Cosecha mecánica
4. Reabono: a los 25 a 30 días con 250 kg/ha de Urea	

Los resultados que a continuación se presentan resumen lo obtenido en los primeros 5 pasos descritos anteriormente. En las Figuras 1<sup>a</sup>, b, c, d, se presentan los factores tecnológicos detectados por orden de importancia.

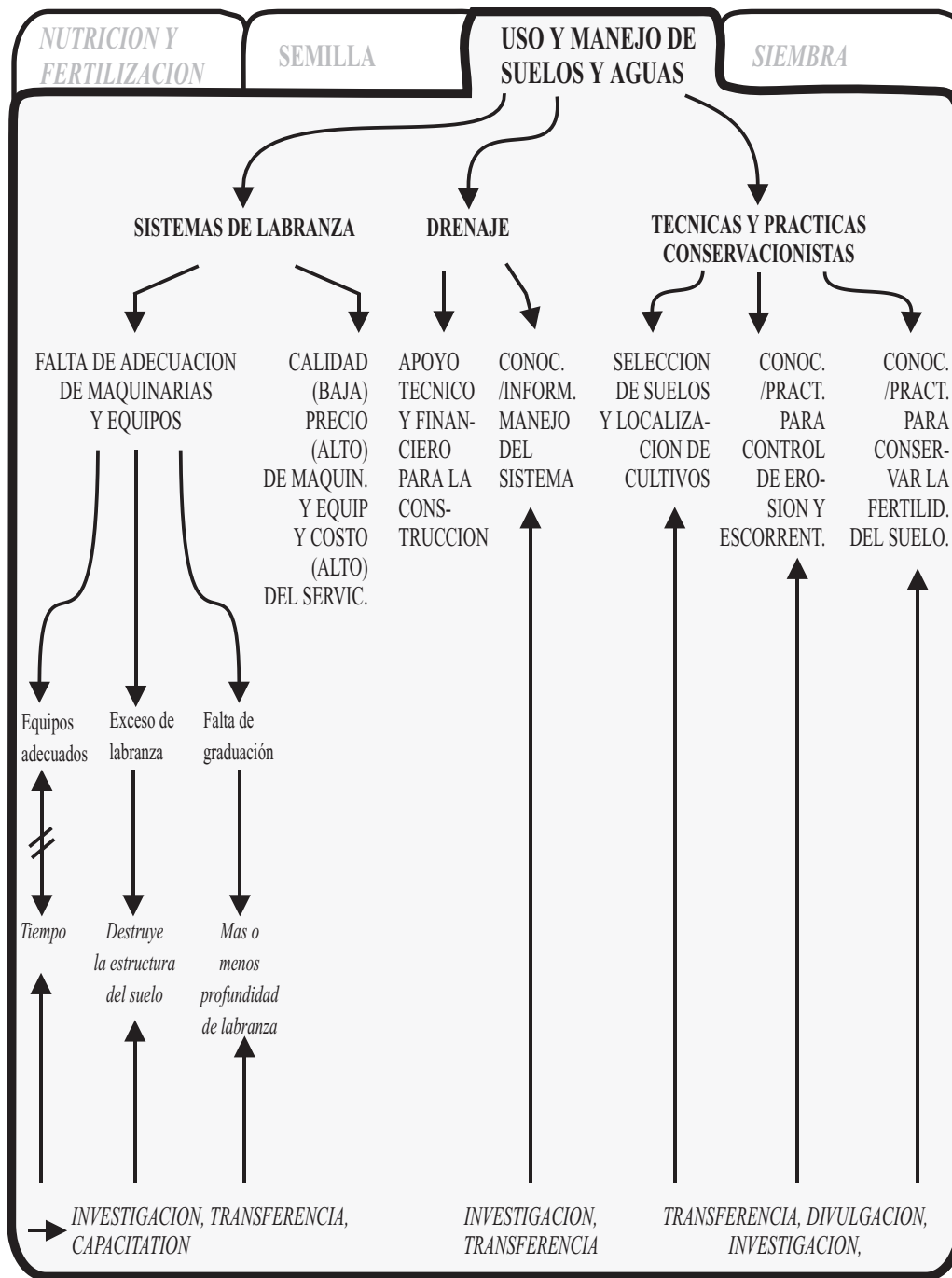


**Figura 13.3a.** Demanda tecnológica en maíz, Portuguesa –1997-1998. Factor nutrición y fertilización.

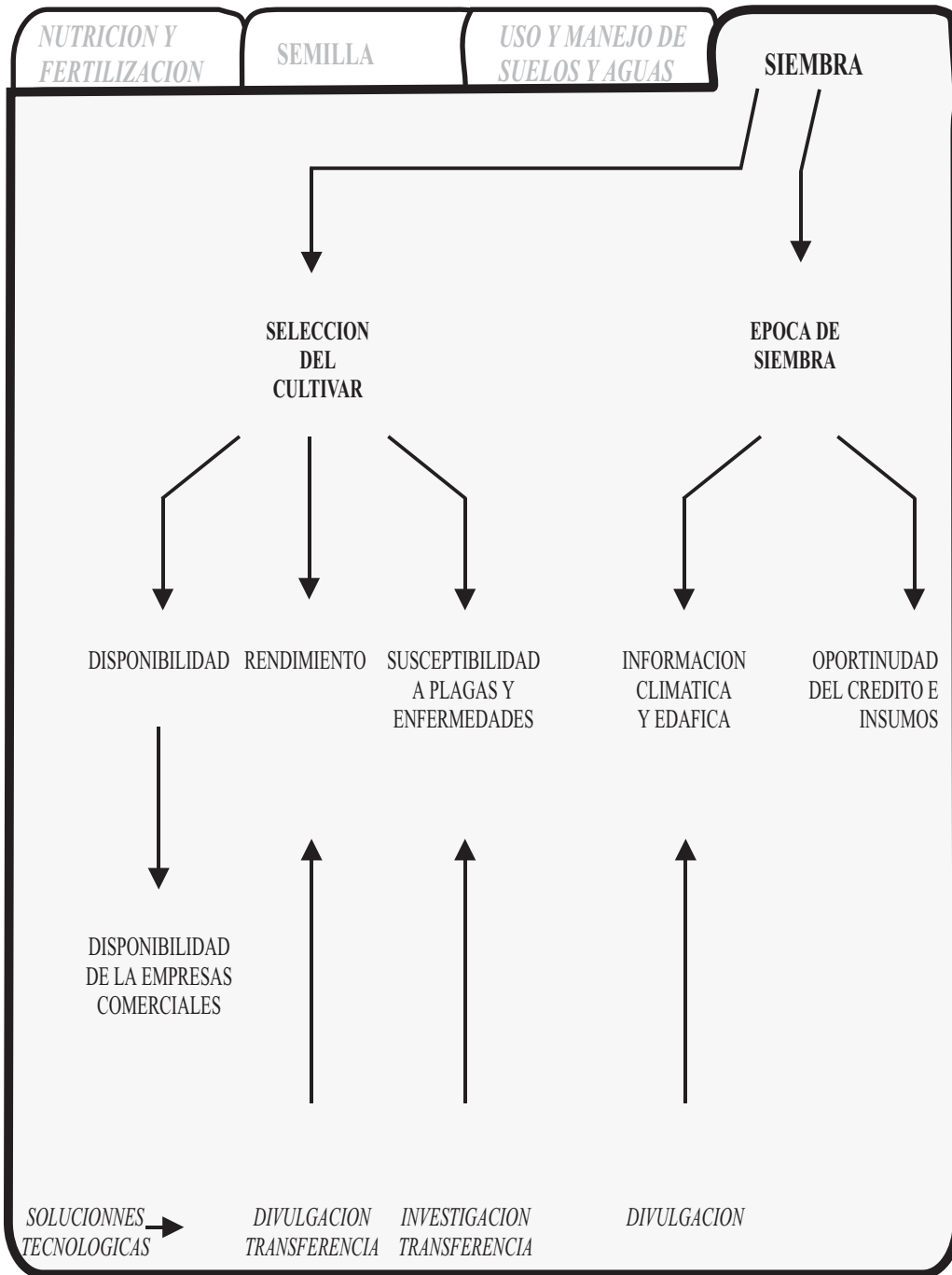


**Figura 13.3b.** Demanda tecnológica en maíz, Portuguesa 1997-1998. Factor semilla.





**Figura 13.3c.** Demanda tecnológica en maíz, portuguesa, 1997-1998. Factor uso y manejo de suelos y aguas



**Figura 13.3d.** Demanda tecnológica en maíz, Portuguesa 1997-1998. Factor siembra.

## **Factores tecnológicos**

De los cuatro factores tecnológicos primarios analizados, los asistentes técnicos ponderaron al factor nutrición y fertilización como el más importante, seguido por semilla, uso y manejo de suelos y aguas y, por fin, siembra y plantación. Estos factores aparecen destacados como subtítulos en la discusión.

### *Nutrición y fertilización*

En lo que se refiere a Nutrición y Fertilización, los dos factores secundarios de mayor ponderación fueron Fertilizantes Convencionales y Apoyo Técnico.

#### Fertilizantes convencionales

Varios problemas aparecieron y se desglosan a continuación:

- El primero concierne la adecuación de las fórmulas N-P-K teórica con el contenido real de los sacos. Se mencionó la diferencia existente entre el contenido real de fertilizantes entre las diferentes empresas comercializadora de fertilizantes en Venezuela. Se cuestiona también la adecuación entre la demanda de la planta y la disponibilidad de nutrientes en el tiempo. Hay diferencias importantes en la reacción de los fertilizantes en el suelo para liberar los nutrientes que requiere el cultivo en función de sus etapas de crecimiento. Esta preocupación es válida para el abono inicial del cultivo como en el reabono. Por otra parte, cuando se demanda un determinado fertilizante recomendado con base en los análisis de suelo del productor, en muchos casos no se consigue y el productor tiene que adquirir el que se encuentre disponible dado el corto tiempo que tiene para efectuar el proceso de fertilización y siembra.
- El segundo concierne los métodos de aplicación de fertilizantes en relación con las características de suelo y el cultivo. En este sentido, los productores se refieren a los métodos de aplicación convencionales (voleo, en bandas), o a métodos más modernos como siembra y abonamiento (labranza reducida), aplicaciones foliares y “fertigación”. Sólo 5% de los productores abona previo a la siembra y la mayoría de los productores realizan la siembra temprana y luego abonan a los 25 días aprovechando la humedad. Dado los

excesos de humedad en la zona, la fertilización con N-P-K más úrea ha dado buenos resultados. Sin embargo, cuando se hace el reabono con mucha humedad, si no se controlan bien las ruedas delanteras del tractor, se pueden tumbar muchas plantas. Hay productores que siembran el maíz en rotación con sorgo y se produce una diferencia entre herbicidas como el Prowl que no controla bien la maleza en el maíz mientras que, con la aplicación del Accent, se controla mejor las malezas pero el abono tiene que hacerse a la siembra.

- El tercero concierne a los nutrientes secundarios y microelementos. En la región se presentan suelos con bajos niveles de magnesio aprovechable para las plantas. Igualmente suelos con bajos niveles de materia orgánica donde se observan deficiencias de azufre en las hojas del maíz. También se han presentado deficiencias de microelementos, particularmente cinc. Esta situación requiere de un cambio en los patrones de diagnóstico y recomendación de fertilizantes de la clásica recomendación con N-P-K hacia criterios de fertilización balanceada incluyendo a los elementos secundarios y a los microelementos, particularmente cuando se están sembrando híbridos de alto potencial de rendimiento y con mayores exigencias nutricionales.
- El cuarto concierne a los precios. Este aspecto no se incluye dentro de las mejoras tecnológicas que se pudieran recomendar directamente pero sí implica la necesidad de buscar alternativas entre las diferentes fuentes de fertilizantes simples y complejos con iguales o mejores eficiencias agronómicas y económicas.

#### Apoyo técnico

Del mismo modo, el apoyo técnico propuesto no está siempre adecuado y se destacan los puntos críticos enumerados a continuación.

*Muestreo y análisis del suelo y plantas:* son pocos los productores que realizan el muestreo y análisis de suelos y de plantas de sus fincas para comprobar el estado nutricional de las mismas. Algunas de las razones mencionadas con el costo de los análisis que los productores no quieren pagar. Los pocos que toman la muestra de suelo y plantas para ser analizados en los laboratorios, se molestan por el largo tiempo que toma recibir los resultados.

*Pruebas de campo:* por muchos años el FONAIAP y el CENIAP, condujeron experimentos en el ámbito nacional para establecer las recomendaciones de fertilización par el cultivo del maíz y otros rubros de importancia agrícola. Estas investigaciones generaron los cuadros de doble entrada para la recomendación de la fertilización del maíz para las diferentes regiones donde se sembraba este rubro. Con el avance de los años, estos cuadros elaborados para híbridos como el Obregón, Arichuna, PB8, han dejado de tener vigencia ya que ellos han sido sustituidos por semillas nacionales e internacionales como Cargill, Pioneer, Himeca, Sefloarca, Cristiani, Fonaiap, etc., de mayor potencial de rendimiento y exigencias nutricionales más altas. Estos nuevos híbridos requieren pruebas de campo que permitan una mejor recomendación de fertilización a nivel nacional.

### *Semilla*

En el factor primario semilla, el orden de ponderación de los factores secundarios fue calidad de semilla y potencial genético.

#### Calidad de semilla

“Germinación” hace referencia a una deficiente germinación de algunos híbridos usados en la región que causa fallas en el campo.

Con similar ponderación “Uniformidad” se relaciona con diferencias en el tamaño del grano. En algunos casos se presentan tamaños diferentes al descrito en la etiqueta de certificación, esto genera problemas en la graduación de la sembradora y una población desuniforme con un resultado final de bajos rendimientos.

“Impurezas” es un término relacionado con los materiales inertes (piedras, tusas) y semillas de otro tipo, en el saco que contiene la semilla maíz.

“Garantía” se refiere a la falta de garantía de las empresas comercializadoras en el maíz vendido. Muchos productores de la región se han visto afectados por la presencia de un híbrido de rendimiento pero el grano no es completamente blanco, presentándose pigmentado con problemas de recepción en la agroindustria.

## Potencial genético

Rendimiento se refiere al tope de rendimiento obtenido con los híbridos más usados con un rango de 5.000 a 5.500 kg/ha. Se informó que los rendimientos son más bajo que lo que las empresas o las pruebas regionales sugieren.

Las Características Agronómicas asociadas a germinación, uniformidad de la plantación, altura de planta, nivel de inserción de la mazorca, grosor del tallo, precocidad, acame etc., son propiedades que están asociadas a la facilidad de cosecha. Se mencionó que algunos híbridos en densidades de siembra más pequeñas, tienden a producir 2 mazorcas, siendo la inferior afectada por hongos. En el área de El Playón, se observan diferencias en la inserción de la mazorca entre los híbridos lo que causa problemas para la cosecha. Susceptibilidad a Enfermedades; hay híbridos más susceptibles a algunas enfermedades como la Rhizoctonia y Phytium. En la mayoría de los casos, se debe a la falta de tratamiento de la semilla observándose que, cuando es tratada, estos problemas no se presentan.

## *Uso y manejo de suelos y aguas*

El tercer factor primario en ponderación en la región fue Uso y Manejo de Suelos y Aguas. Como factores secundarios el orden de importancia fue Sistema de Labranza, Drenaje y Técnicas y Prácticas Conservacionistas.

## Sistema de labranza

En cuanto al primer factor secundario, la causa más limitante fue la adecuación de maquinarias y equipos para una buena labranza dentro de lo cual se incluye el exceso en pases de rastra. Se observa con frecuencia una mala graduación de la profundidad del pase de rastra. El segundo factor secundario fue la falta de conocimiento e información sobre métodos conservacionistas y convencionales. Los técnicos manifestaron que, en la mayoría de los casos, no llega esta información a los encargados de realizar la transferencia tecnológica. Cuando llega, se presentan problemas en su aplicación ya sea porque los dueños de finca no la transmiten a los operadores o por ser los productores de tendencia conservadora y poco receptivos a cambios en el sistema de producción. Se

concluye que esta información debe llegar a todos los que participan en el sistema de producción.

### Drenaje

Con respecto al drenaje, la causa más limitante fue la falta de conocimiento e información de sistemas de drenaje, y que las tecnologías de bancales grandes o pequeños y la aplicación láser son muy costosas. Se requiere una mayor información sobre la manera de enfrentar el problema de drenaje, el cual afecta todos los años una superficie importante del cultivo en la región, bien por disminución en los rendimientos o en los casos más severos por pérdida total de la siembra. Algunos investigadores ya trabajan en el mejoramiento de cultivares de maíz tolerantes a condiciones de excesos de humedad.

### Técnicas y prácticas conservacionistas

En este factor secundario se mencionaron dos causas limitantes: la selección de los suelos con mayor énfasis en productores que siembran en suelos muy pesados, no aptos para un buen desarrollo del cultivo, y conocimiento e Información para controlar la erosión y escorrentía, particularmente en suelos de piedemonte más susceptibles de ser erosionados.

### *Siembra*

El cuarto factor primario en ponderación fue Siembra, y como factores secundarios se mencionaron en orden de importancia, la Selección del Cultivar y la Epoca de Siembra.

### Selección del cultivar

Las Causas más limitantes fueron Disponibilidad del Cultivar que el productor requiere para el momento de efectuar su siembra. Ello está relacionado con la oportunidad de las empresas comerciales de tener una oferta suficiente, por región, de los híbridos de mayor demanda a un precio aceptable para los productores. Hay diferencias en el precio de la semilla de hasta 1,4 US\$ kg<sup>-1</sup>. El Rendimiento Potencial del Cultivar se considera para que el productor se decida por algún híbrido en particular.

Una tercera causa es la Susceptibilidad / Resistencia a Enfermedades y Malezas. Se ha referido en la región a híbridos susceptibles a Rhizoctonia y Phytium particularmente cuando la semilla no ha sido pretratada y en zonas más húmedas.

La última causa en ponderación fue la Información Climática y Edáfica asociada a los requerimientos de los cultivos y a las características de la zona. La cual tiene una gran relación con las épocas de siembra. El Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea y el Ministerio del Ambiente emiten boletines diarios relacionados con horas de sol, fase lunar, tiempos probables para el día por regiones y temperaturas que no siempre llegan a tiempo a las oficinas de instituciones de investigación y de asistencia técnica.

#### Epoca de siembra

Las causas más limitantes para estos factores fueron Información Climática ya mencionada en el párrafo anterior y la Asistencia Técnica que debe recibir el productor para definir el mejor momento para sembrar.

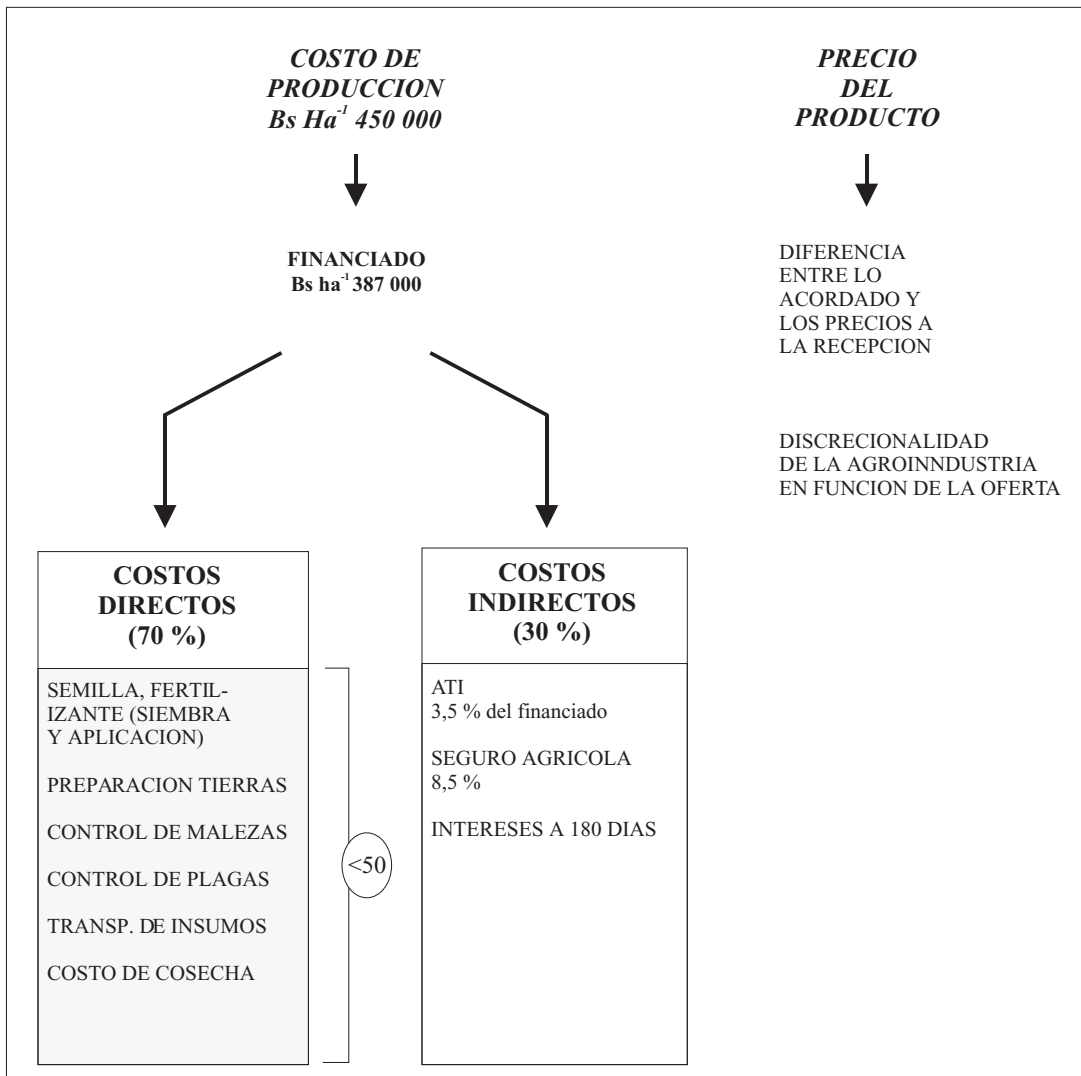
Se mencionan todavía ejemplos de productores sembrando muy tarde lo que ocasiona rendimientos moderados en maíz (3500 kg/ha), debido al conocido efecto veranito en la época de floración. La época de siembra recomendada es aproximadamente del 20 de Abril al 10 de Junio con densidades de siembra de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup> con 7 a 8 plantas por metro para cosechar de 4 a 5 plantas por metro. Generalmente se usan 25 kg de semilla por hectáreas siendo el tamaño plano grande el más solicitado lo cual está asociado a la disponibilidad de los equipos de siembra de los productores.

#### **Problemas que inciden en la rentabilidad del maíz en Portuguesa**

La Figura 13.4 ilustra los problemas señalados por los técnicos ATI en maíz para la rentabilidad del cultivo. Los dos factores de mayor ponderación fueron el costo de producción y el precio del producto. El costo de producción para el ciclo de invierno de 1997 – 1998 fue, en promedio, aproximadamente 800 US \$ (Bs. 450.000/ha) de los cuales fueron financiados casi 700 US \$ (Bs. 387.000). Los costos directos representan el 70% del total. Dentro de los costos directos la semilla, los fertilizantes (incluye reabono) y su siembra y aplicación representan el 38% de los costos directos y los otros factores como preparación



de tierras, control de malezas, control de plagas, transporte de insumos y costos de cosecha representan menos del 10% cada uno.



**Figura 13.4.** Problemas que inciden en la rentabilidad del maíz en Portuguesa, 1997-1998.

En los costos indirectos (30%) está incluida la Asistencia Técnica ofrecida por Palmaven que representa el 3,5% del monto financiado, el seguro

agrícola el 8,5% y los intereses a 180 días el 18%. Con respecto al precio del producto, para ambos años el maíz fue recibido por la agroindustria a 0,3 US \$ kg<sup>-1</sup> (140 Bs kg<sup>-1</sup>), sin embargo, el mayor problema lo constituyó el precio del maíz a nivel internacional, de 0,25 US \$ kg<sup>-1</sup> (120 Bs kg<sup>-1</sup>), lo cual generó muchos inconvenientes para los productores venezolanos al tratar de competir con un maíz internacional con un precio 15% por debajo del precio nacional. Otros factores que fueron señalados con menor ponderación de afectación a la rentabilidad del cultivo fueron: la productividad, el financiamiento oportuno, la comercialización y la calidad del producto.

### **Factores que inciden en la producción y productividad del maíz en Portuguesa**

Además de los componentes tecnológicos arriba descritos, el instrumento también permitió diferenciar los factores que afectan la producción y productividad del maíz en Portuguesa. La nutrición y fertilización, la fecha de siembra, el déficit de agua o excesos de agua y semilla fueron los factores con mayor ponderación. Otros factores mencionados con menor importancia fueron uso y manejo de suelos y aguas, densidad de siembra y plagas. Los factores con ponderación mínima fueron pago de la cosecha y disponibilidad de tierras.

### **Conclusiones en el rubro maíz en Portuguesa**

Los resultados discutidos en los puntos anteriores permiten enumerar las siguientes conclusiones:

De los cuatro factores tecnológicos analizados los asistentes técnicos ponderaron, de acuerdo a la metodología descrita en este trabajo, al factor nutrición y fertilización como el más importante, seguido por semilla, uso y manejo de suelos y aguas, siembra y plantación.

En lo que se refiere a Nutrición y Fertilización los dos factores de mayor ponderación fueron Fertilizantes Convencionales y Apoyo Técnico. En el primer caso, los problemas tecnológicos más importantes fueron: la adecuación de las fórmulas N-P-K con la demanda y con la disponibilidad de nutrientes en el tiempo; métodos de aplicación; elementos secundarios y microelementos.

El segundo factor definido como importante en Nutrición y Fertilización fue el Apoyo Técnico y las causas más limitantes mencionadas fueron: muestreo y análisis de suelo y plantas; pruebas de campo.

En el factor semilla el orden de ponderación fue calidad, particularmente en lo referente a germinación, impurezas y garantía y potencial genético de las semillas donde los factores más ponderados fueron: rendimiento, características agronómicas y susceptibilidad a enfermedades.

El tercer factor primario fue Uso y Manejo de Suelos y Aguas y como factores secundarios el orden de importancia fue sistema de labranza, drenaje y técnicas y prácticas conservacionistas. En cuanto al primer factor, la causa más limitante fue la adecuación de maquinarias y equipos para una buena labranza. El segundo factor fue la falta de conocimiento e información sobre métodos conservacionistas y convencionales. Con respecto al drenaje, la causa más limitante fue la falta de conocimiento e información de sistemas de drenaje. En las Técnicas y Prácticas Conservacionistas se mencionaron dos causas limitantes: la selección de los suelos y conocimiento e información para controlar erosión y escorrentía.

El cuarto factor primario en ponderación fue Siembra, y como factores secundarios se mencionaron en orden de importancia a la Selección del Cultivar y la Época de Siembra. En el primer caso, las causas más limitantes fueron disponibilidad del cultivar, el rendimiento potencial del cultivar, la susceptibilidad / resistencia a enfermedades, la presencia de malezas y la información climática y edáfica. En el factor secundario, época de siembra, las causas más limitantes fueron información climática y la asistencia técnica.

En los problemas señalados por los técnicos ATI en maíz para la rentabilidad del cultivo, dos factores de mayor ponderación fueron el costo de producción y el precio del producto. Otros factores que fueron señalados con menor ponderación afectando la rentabilidad del cultivo fueron la productividad, la calidad del producto y su comercialización.

Además de los componentes tecnológicos, el instrumento también permitió diferenciar los factores que afectan la producción y productividad del maíz en Portuguesa. La fecha de siembra, la nutrición y fertilización, el déficit de agua o excesos de agua y semilla fueron los factores con mayor ponderación.

Otros factores mencionados con menor importancia fueron uso y manejo de suelos y aguas, densidad de siembra y precio del producto.

Cuando los factores de producción, productividad y rentabilidad se colocaron en un mismo nivel de referencia, el financiamiento fue señalado como el factor de mayor ponderación seguido por condiciones ambientales, disponibilidad de insumos y precio a la siembra y a la venta. Los factores con menor ponderación fueron pago de la cosecha y disponibilidad de tierras.

### **Recomendaciones**

Las recomendaciones generales que se produjeron al terminar la discusión sobre los diferentes aspectos del maíz son las siguientes:

- 1) Hacer énfasis en el enfoque fitosanitario en cultivares de maíz
- 2) En los cursos sobre maíz que se ofrezcan a técnicos y productores, incluir el tema de semillas.
- 3) Eliminar la mezcla de cultivares entre casas comerciales en la siembra, lo que produce diferentes tamaños de plantas, épocas de floración, etc.
- 4) El Servicio Nacional de Semilla (SENASA), Palmaven-ATI y las Asociaciones de productores deben detectar los problemas y sistematizarlos con la participación de las empresas de semillas.
- 5) Tratar las semillas con funguicidas con el soporte científico producido por la investigación.
- 6) Realizar cursos de capacitación y charlas a técnicos y productores sobre los adelantos en manejo del proceso productivo del maíz.
- 7) Continuar con el proyecto FONAIAP – Universidad Central de Venezuela (UCV) sobre semillas desde los campos regionales hasta su comercialización a los fines de detectar las limitaciones de cada cultivar.
- 8) Discutir la encuesta realizada por Palmaven a sus técnicos con especialistas para mejorarla.

***Arroz-Portuguesa: demanda tecnológica y jerarquización de los problemas tecnológicos que inciden en la producción y productividad del cultivo.***

El paquete tecnológico que se quiere mejorar se presenta en el Cuadro 13.2.

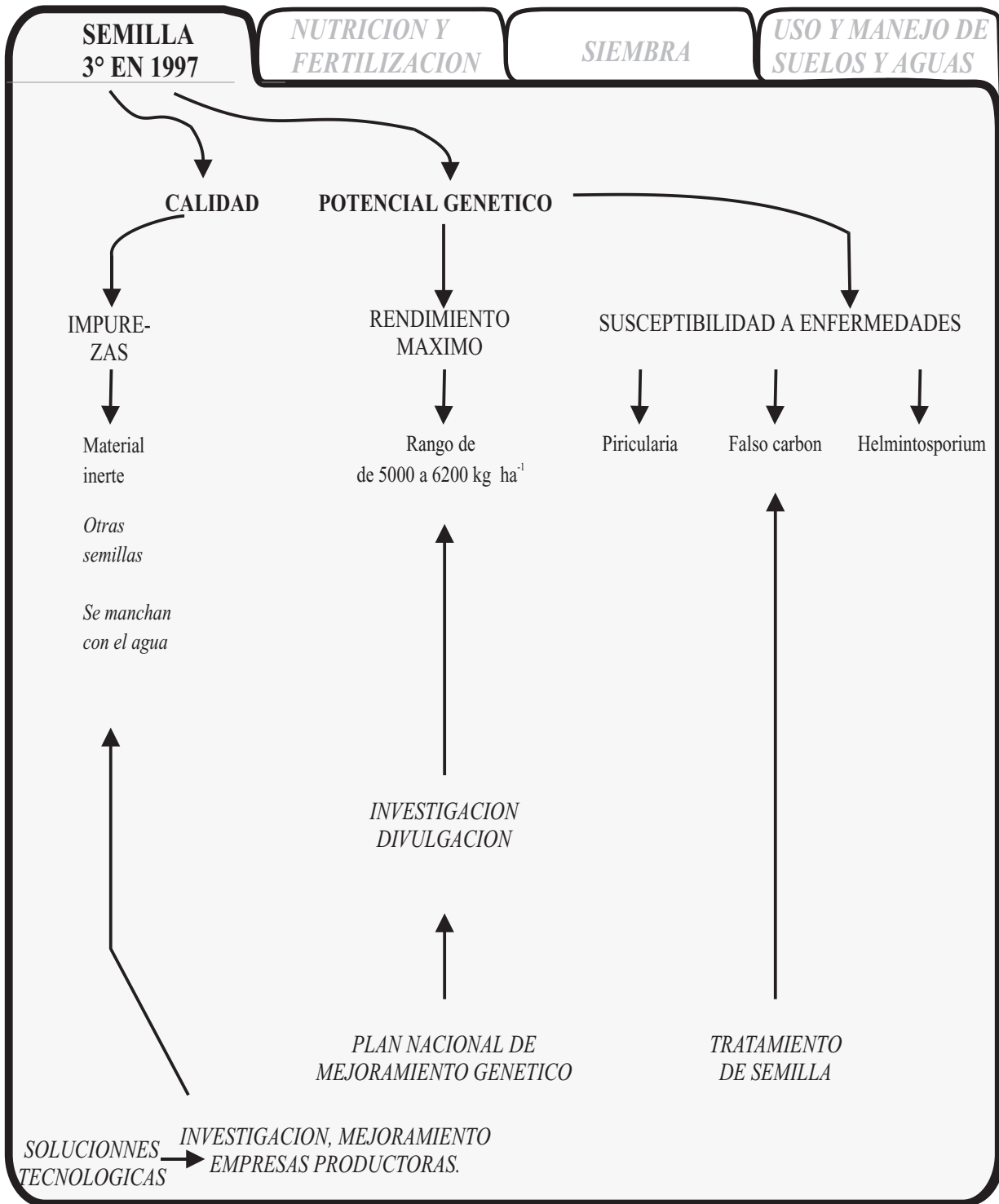
**Cuadro 13.2** Paquete tecnológico aplicado al cultivo de arroz en el Estado Portuguesa.

1. Preparación de Tierras: 2 pases de rastra, 2 batido y levantamiento de muros	6. Control de Malezas: entre 15 a 20 días después de la siembra (varios productos y diferentes dosis)
2. Siembra: con semilla pregerminada a razón de 160 kg/ha. Variedades: FONAIAP 1 (50%), Cimarrón (20%), Palmar (20%) y Araure I y IV (10%)	7. Control de Plagas: entre 15 a 20 días después de la siembra acompañado con el herbicida (varios productos y diferentes dosis)
3. Fertilización Básica: entre 20 a 25 días después de la siembra N-P-K 300 kg/ha	8. Control de Roedores: durante el ciclo de verano (varios productos y aproximadamente 2 kg/ha). No hay control en invierno
4. 1° Reabono: 40 a 45 días después de la siembra: Urea 100 kg/ha	9. Aplicación de Fungicidas: protección de espiga 75 a 90 días después de la siembra Bim 300 g/ha Nudrin 1 l/ha
4.2° Reabono 60 a 65 días después de la siembra: Urea 100 kg/ha	11. Cosecha Mecánica y bazuca y transporte a la agroindustria
5. El riego a la siembra, a los 3 días después del herbicida, entre 30 y 40 días después de la siembra con agua fija, a los 45 a 60 días después de la siembra aumentando y completando niveles y a los 70 a 100 días con riego de mantenimiento y disminución de la lámina periódicamente hasta llegar a la capacidad de campo del terreno.	

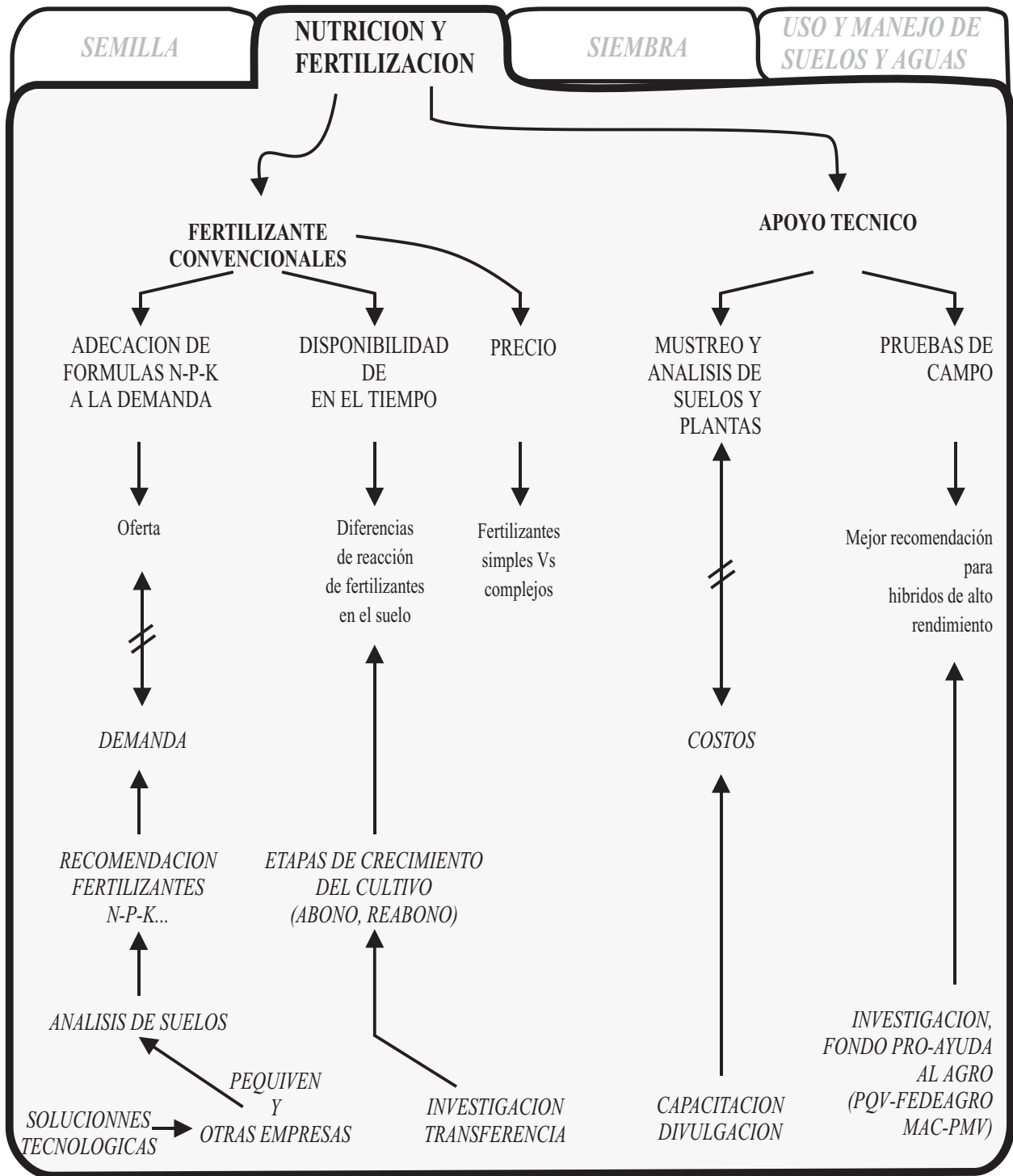
**Factores tecnológicos**

Los cuatro factores tecnológicos detectados: semilla, nutrición y fertilización, siembra, uso y manejo de suelos y aguas se discuten a continuación.

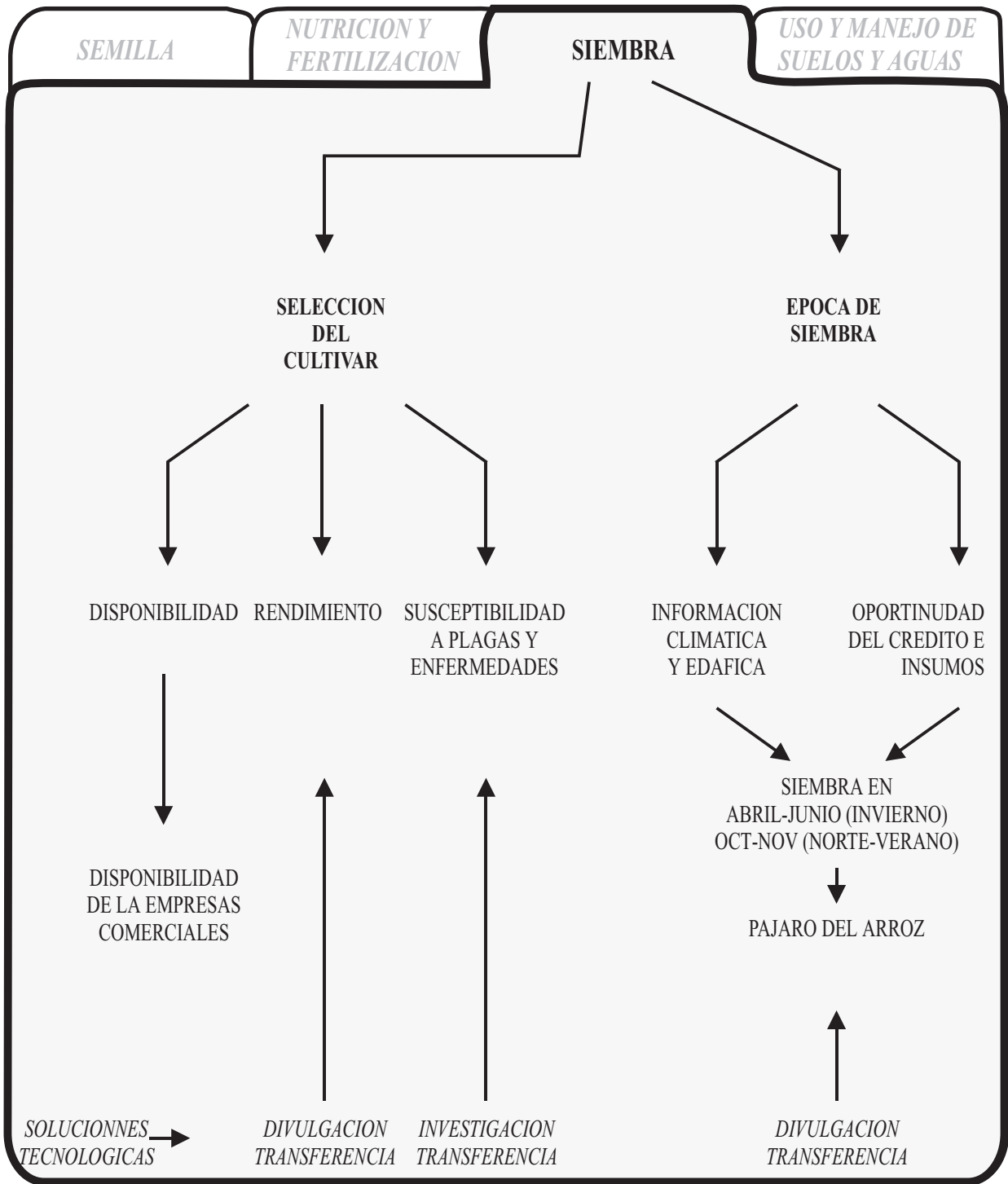
También, como en el caso del maíz, se presentan las Figuras 13.5 a, b,c, y d, que resumen los resultados obtenidos por la encuesta.



**Figura 13.5a.** Demanda tecnológica en arroz – Portuguesa. Factor semilla.

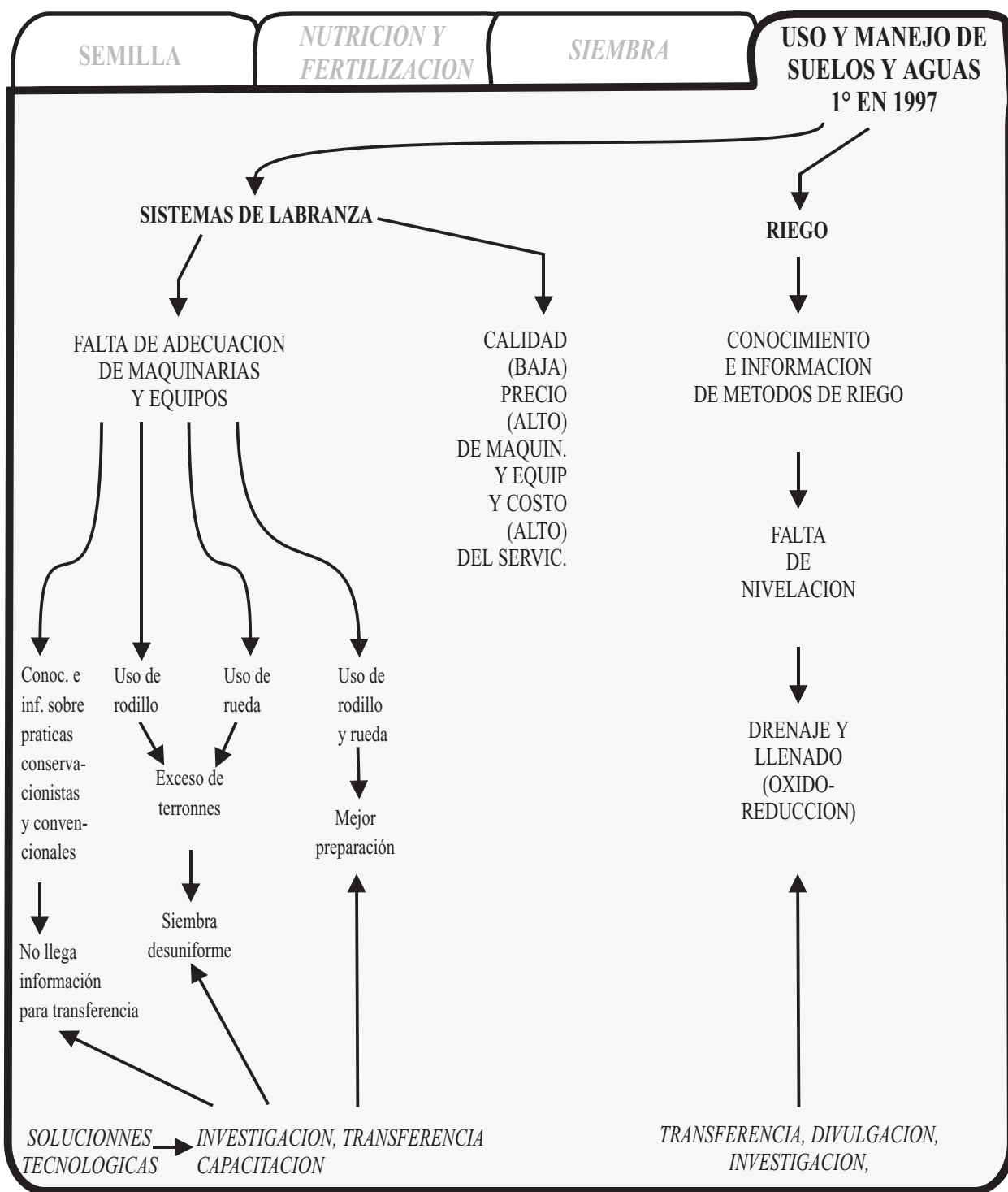


**Figura 13.5b.** Demanda tecnológica en arroz – Portuguesa. Factor nutrición y fertilización.



**Figura 13.5c.** Demanda tecnológica en arroz – Portuguesa. Factor siembra





**Figura 13.5d.** Demanda tecnológica en arroz – Portuguesa. Factor uso y manejo de suelos y aguas.

## *Semilla*

### Calidad

El problema tecnológico más importante en el factor calidad de semilla fue Garantía, referido a la falta de garantía de las empresas comercializadoras en el arroz vendido. Hay empresas que, con el aumento de la demanda, colocan semillas en sacos con mala calidad y en algunos casos contaminadas con arroz negro. También se han observado semillas que al contacto con el agua se manchan.

### Potencial genético

El factor más importante es el rendimiento. Dentro de las variedades más usadas se observó un tope de rendimiento en un rango de 5.000 a 6.200 kg/ha. Se mencionó la existencia del Plan Nacional del Mejoramiento Genético del Arroz en el cual la Fundación para la Investigación Agrícola (DANAC), UNELLEZ y FONAIAP actúan coordinadamente para lograr variedades de arroz con alto potencial de rendimiento, buena calidad de grano. Se busca también que sean adaptables a las diferentes regiones de producción dentro de los Ensayos de Validación Agronómica de Cultivares de Arroz donde se están probando materiales que durante cuatro ciclos (2 años) resulten iguales o superiores al rendimiento promedio de los testigos, con resistencia o tolerancia a las plagas y enfermedades más importantes y con buena calidad de grano. Hasta ahora han sido identificadas tres líneas: Setsa – V-33, Línea 10 y CT-15.

## *Nutrición y fertilización*

En lo que se refiere a Nutrición y Fertilización los dos factores secundarios de mayor ponderación fueron fertilizantes Convencionales y Apoyo Técnico.

### Fertilizantes

La adecuación de las fórmulas N-P-K, con la demanda y con la disponibilidad de nutrimentos en el tiempo como en el caso del maíz. Sin embargo, como se realizan varios reabonos con nitrógeno no aparece el problema de disponibilidad. La granulometría de las fórmulas N-P-K fue

mencionada con relación a los equipos de aplicación y la distribución desuniforme en el campo del fertilizante. No se utilizan abonos foliares.

Precio: la explicación de este factor es similar a lo mencionado para el caso del maíz.

#### Apoyo técnico

Se encontró como necesario en materia de Muestreo y Análisis de Suelo y Plantas al igual que para el caso del maíz. La dificultad de aportar las Mezclas Granuladas se mencionó con particular énfasis en su granulometría.

#### *Siembra y plantación*

El último factor primario fue la Siembra y Plantación siendo las causas más limitantes la Selección del Cultivar, la Época de Siembra y el Método de Siembra.

#### Selección del cultivar

La disponibilidad y mercadeo de los cultivares, su rendimiento potencial y la información climática fueron los factores secundarios de mayor ponderación.

#### Época de siembra

Los factores terciarios mencionados en orden de importancia fueron Asistencia Técnica, la Oportunidad del Crédito y la Oportunidad de los Insumos. El arroz en Portuguesa se siembra de Abril a Junio en la época de invierno (inundación usando el agua de lluvia) y de Octubre a Noviembre en el ciclo de riego por inundación, evitando al pájaro del arroz. Para el Método de Siembra se requiere más información sobre el método óptimo y la densidad de siembra.

#### *Uso y manejo de suelos y aguas*

En 1997, el primer factor primario en ponderación fue Uso y Manejo de Suelos y Aguas, y como factores secundarios el orden de importancia fue

Riego, Sistema de Labranza, Drenaje y Técnicas y Prácticas Conservacionistas.

Con respecto al riego, la causa más limitante fue la falta de Conocimiento e Información de Métodos de Riego. La falta de nivelación de los suelos es el factor de mayor preocupación pues esto genera diferentes láminas de riego y se dan casos donde la profundidad del agua dentro de la melga puede ser de 30 cm al comienzo y de solo 5 a 10 cm al final. Una práctica común es el secado (drenaje) y llenado de agua para controlar el gorgojo de agua, lo cual produce procesos de óxido reducción cambiando la dinámica nutricional del suelo.

En cuanto al segundo factor secundario, la causa más limitante fue la Adecuación de Maquinarias y Equipos y Costos de los Servicios para una buena labranza. Se plantea la necesidad de definir el uso del rodillo, de la rueda o de ambos. Cuando se usa uno solo de esos equipos queda mucho terrón sobre el suelo y no hay mucha uniformidad en la siembra. Lo ideal es usar ambos. La combinación de tractor con rastra hidráulica o cesta no genera una buena preparación del suelo en el momento del levantamiento de los muros. La mayoría de los productores no tienen todos los implementos al momento de realizar la labranza. Este problema de labranza es más acentuado en el invierno que en el ciclo de norte-verano. El tercer factor secundario fue la falta de Conocimiento e Información sobre Métodos Conservacionistas y Convencionales: la explicación de este factor es similar a lo mencionado para el caso del maíz.

En las Técnicas y Prácticas Conservacionistas se mencionaron dos causas limitantes: la Selección de los Suelos con mayor énfasis en productores que eligieron mal sus suelos, y la falta de conocimiento e información adecuada para controlar los fenómenos de erosión y escorrentía.

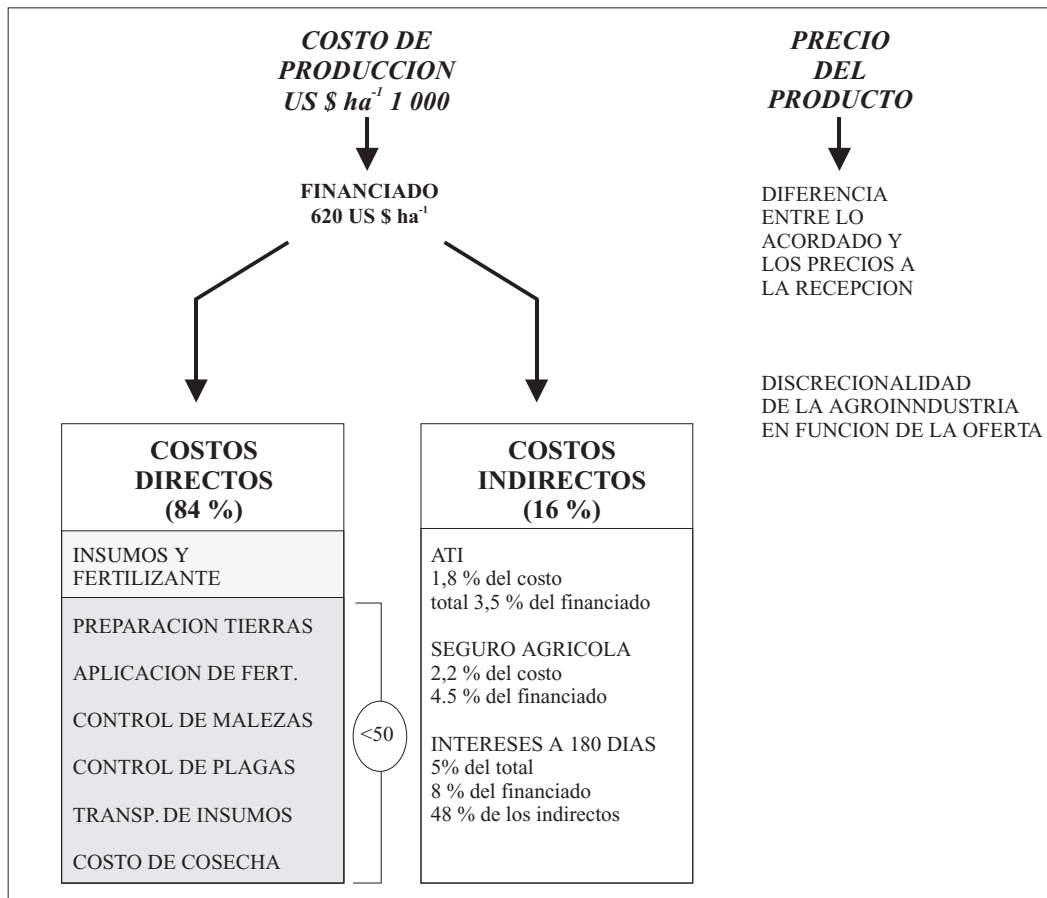
### **Problemas que inciden en la rentabilidad del arroz en Portuguesa**

La Figura 13.6 ilustra los problemas señalados por los técnicos ATI en arroz para la rentabilidad del cultivo. Los dos factores de mayor ponderación fueron el costo de producción y el precio del producto. El costo de producción para el ciclo de invierno de 1997 fue de aproximadamente 900 US \$ (Bs. 550.000/ha). Los costos directos representan el 4% y los costos indirectos el 16%. Dentro de los costos directos los insumos representan el 38% y los fertilizantes totalizan 29%. Los otros factores como preparación de tierras,

aplicación de abonos, control de malezas, control de plagas, transporte de insumos y costos de cosecha representan el 34% de los costos directos.

En los costos indirectos está incluida la Asistencia Técnica ofrecida por Palmaven, que representa el 3,5% del monto financiado, el seguro agrícola el 4,5% y los intereses a 180 días el 48% (o sea cerca del 8% del costo total).

Otros factores que fueron señalados con menor ponderación de afectación a la rentabilidad del cultivo fueron: la productividad, el financiamiento oportuno y la calidad del producto.



**Figura 13.6.** Problemas que inciden en la rentabilidad del Arroz en Portuguesa 1997-1998.

## **Conclusiones sobre arroz en Portuguesa**

En el factor semilla primero en el orden de ponderación fue calidad y potencial genético. El problema tecnológico más importante en el factor calidad de semilla fue Garantía referido a la falta de garantía de las empresas comercializadoras en el arroz vendido.

En lo que se refiere a Nutrición y Fertilización los dos factores de mayor ponderación fueron Fertilizantes Convencionales y Apoyo Técnico.

El penúltimo factor primario fue la Siembra y Plantación siendo las causas más limitantes la Selección del Cultivar, la Época de Siembra y el Método de Siembra.

El último factor primario en ponderación que afecta los rendimientos del cultivo del arroz en la región (pero fue primero en 1997 Uso y Manejo de Suelos y Aguas y como factores secundarios el orden de importancia fue Riego, Sistemas de Labranza, Drenaje y Técnicas y Prácticas Conservacionistas.

En los problemas señalados por los técnicos ATI en arroz para la rentabilidad del cultivo los dos factores de mayor ponderación fueron el costo de producción y el precio del producto.

En los factores que afectan la producción y productividad del arroz en Portuguesa la semilla, nutrición y fertilización, el déficit de agua o excesos de agua y las malezas y enfermedades fueron los factores con mayor ponderación.

En los factores que inciden en la rentabilidad del Arroz en Portuguesa, el financiamiento referido particularmente a la oportunidad del mismo fue señalado como el factor de mayor ponderación seguido por precio a la venta, disponibilidad de insumos, comercialización y pago de la cosecha.

## **Recomendaciones**

Las recomendaciones generales que se produjeron al terminar la discusión sobre los diferentes aspectos del arroz son las siguientes:

- 1) Modificar la encuesta para detectar si se trata de semilla certificada o de arroz “paddy.” Se realizará un seguimiento a la comercialización de la semilla por SENASEM y empresas de servicio.
- 2) Solicitar una evaluación a SENASEM de la calidad del material antes de la siembra.
- 3) Iniciar un programa de mejoramiento para resistencia varietal y tratamiento de la semilla al momento de la siembra. Hay que investigar los productos en el mercado y su efecto sobre la protección a las enfermedades.
- 4) Armonizar la oferta con la demanda entre las empresas productoras
- 5) Actualizar la información climática y mapas climáticos de suelos
- 6) Recomendar las siembras escalonadas y evaluar y realizar seguimiento en función de los rendimientos.
- 7) Planificar la cosecha para que no coincida con la presencia del pájaro arrocero
- 8) Realizar una campaña para eliminar el uso de la semilla no certificada

En el factor Uso y Manejo de Suelos y Aguas se establecieron las siguientes recomendaciones:

- 1) Investigar para reducir costos de maquinaria
- 2) Capacitar en nivelación de los suelos con fines de riego y drenaje
- 3) Promover la aplicación de agroquímicos de manera racionalizada en los sistemas de labranza.

En el factor nutrición y fertilización se recomendó:

- 1) Mejorar el sistema de diagnóstico y recomendación de fertilización

- 2) Establecer un programa de transferencia de tecnología sobre las épocas más adecuadas de la fertilización así como investigación en dosis, época y frecuencia de aplicación de fertilizantes.

***Pasto en Portuguesa***

En este rubro solos e recibió la valiosa información de un solo técnico por lo que la muestra de informantes no es suficientemente grande para establecer conclusiones. En este sentido se mencionaran los componentes más importantes destacados por el técnico y las causas más limitantes dentro de cada componente.

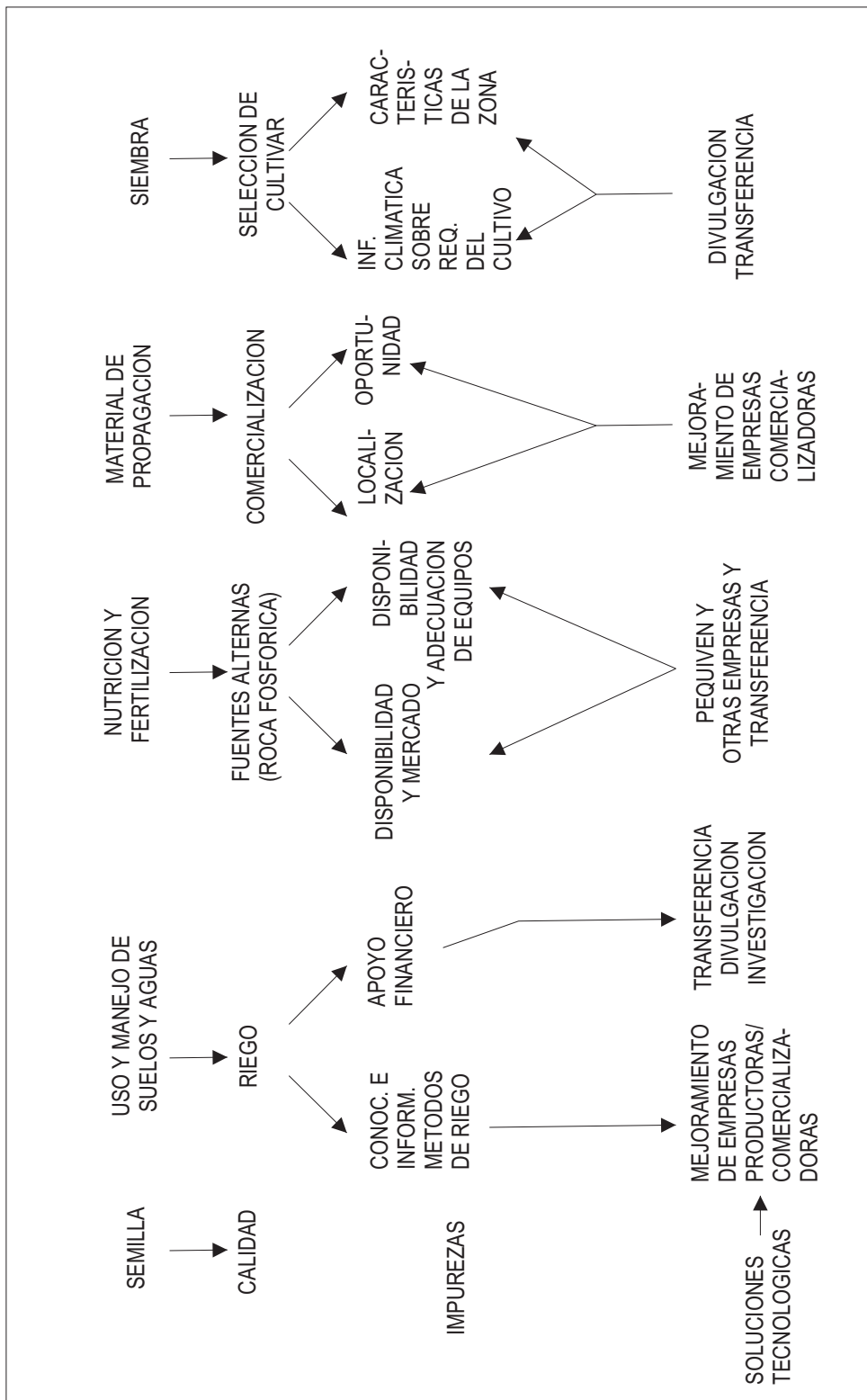
El Paquete tecnológico comúnmente usado por los productores pecuarios para los pastos y que se quiere mejorar se presenta en el Cuadro 13.3.

Hay variaciones importantes en los diferentes sistemas de producción (extensivo, semi-intensivo) así como en los diferentes tipos de pasto. Sin embargo, las prácticas más usadas por los productores pecuarios en el manejo de pastizales se pueden resumir tal como se muestra en la Figura 13.7.

**Cuadro 13.3.** Paquete tecnológico para pastos.

1. Preparación de Tierras: 1 ó 2 pases de rastra, después de la siembra	4. Control de Malezas: Por lo general con la quema de potreros o uso de rotativa
2. Siembra: La semilla usada es por lo general asexual o adquirida a Empresas nacionales o brasileñas con bajo % de germinación	5. Uso de los potreros: según la clasificación de los animales en el rebaño, iniciando la rotación por las vacas en producción lechera
3. Fertilización Básica: En general no se practica ni abono ni reabono	6. Uso de leguminosas y Conservación de Forrajes son tecnologías usadas por pocos productores.





**Figura 13. 7.** Demanda tecnológica en pasto, Portuguesa 1997-1998

La semilla es un factor importante en los pastos. Su componente más relevante fue la calidad y el factor más limitante la garantía. Para el factor uso y manejo de suelos y aguas, el componente más importante fue “riego” siendo sus causas más limitantes “conocimiento e información de los métodos de riego” y “apoyo financiero”. En nutrición y fertilización, las fuentes alternas (rocas fosfóricas) fueron el componente más importante siendo “disponibilidad y mercadeo” y “disponibilidad y adecuación de equipos” las causas más limitantes. En el factor material de propagación, la comercialización se señaló como el componente más importante dentro del cual la localización y a la oportunidad de encontrarla como las causas más limitantes. Para siembra y plantación, el componente más importante fue la selección del cultivar y como causas limitantes a la información climática sobre requerimientos del cultivo y características de la zona e información edáfica sobre requerimientos del cultivo y características de la zona.

## **CONCLUSIONES**

Es evidente que los entes oficiales, debido mayormente a limitaciones financieras, no tienen la capacidad de atender técnicamente a los 300.000 productores que día a día intentan desarrollar un proceso productivo para satisfacer las necesidades alimentarias del pueblo venezolano. Es así como desde hace 10 años algunas instituciones vienen realizando una actividad de asistencia técnica pero su alcance no supera al 4% de los productores. Se plantea entonces la necesidad de saber cómo pueden las instituciones públicas y privadas satisfacer esa demanda tecnológica y así contribuir con una mejor productividad y rentabilidad de los productores venezolanos y, al mismo tiempo, disminuir los niveles de dependencia de algunos rubros que son tradicionalmente importados (total o parcialmente).

Este trabajo presenta una aproximación a la detección de demandas tecnológicas de los productores del estado Portuguesa asistidos por el Servicio de Asistencia Técnica Integral de PDVSA – PALMAVEN. La metodología seguida permite identificar los problemas y su clasificación con base en una selección y priorización que requerirán investigación para su solución así como la identificación de las causas y, finalmente, producto del análisis de la

interacción entre los problemas y sus causas, identificar sus soluciones y contrastarlas con las ofertas tecnológicas de las instituciones de investigación del país.

En función de los objetivos propuestos en este trabajo, el esquema metodológico seguido permitió conocer la demanda tecnológica en los rubros maíz, arroz y pasto del estado Portuguesa en los productores asistidos por PDVA-PALMAVEN y contrastar esa demanda con la oferta tecnológica ofrecida por las instituciones de investigación de manera de incidir en la mejora de los paquetes tecnológicos que se usan actualmente en cada cultivo, lo cual debe mejorar los problemas de producción, productividad y rentabilidad encontrados. Uno de los aportes más importantes es que las demandas tecnológicas detectadas no sólo fueron validadas con los técnicos de PALMAVEN sino que también se validó con los investigadores del FONAIAP y con los sujetos de esa asistencia técnica que en nuestro caso son los agricultores, tal como lo refleja el esquema metodológico presentado. Este esquema puede servir de referencia a otras instituciones de extensión agrícola y transferencia de tecnología en el país, de manera de detectar las demandas tecnológicas de un rubro específico vía la interlocución con los productores, bien de manera directa con ellos, con sus Asociaciones de Productores o con los técnicos que los asisten en su proceso productivo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Acevedo, M. 1991. Estudio técnico del maíz en Turén, estado Portuguesa. Instituto de Economía, Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela.
- AGROPLAN. 1992. Encuesta para la determinación de la demanda tecnológica en el sector agrícola. Trabajo elaborado para Palmaven S.A. Caracas, Venezuela.
- FUNDACIÓN POLAR – UNELLEZ. 1993. Metodología de transferencia de tecnología en el cultivo del maíz. Primera Edición, Caracas, Venezuela.
- Gómez, J. 1991. Estudio técnico económico del maíz en el Municipio Bruzual, estado Yaracuy. Instituto de Economía, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

- Gutierrez, A. 1991. Estudio técnico económico del maíz-ajonjoli en Turén, estado Portuguesa. Instituto de Economía, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.
- Martínez, O. 1996. Oferta tecnológica del FONAIAP, Sector Vegetal. Unidad de Apoyo Estadístico, CENIAP-FONAIAP, Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología para los Países Andinos. Publicación Especial N°. 33.
- PROCIANDINO. 1990. El inventario tecnológico, su rol y perspectiva en la Subregión Andina. Quito, Ecuador.



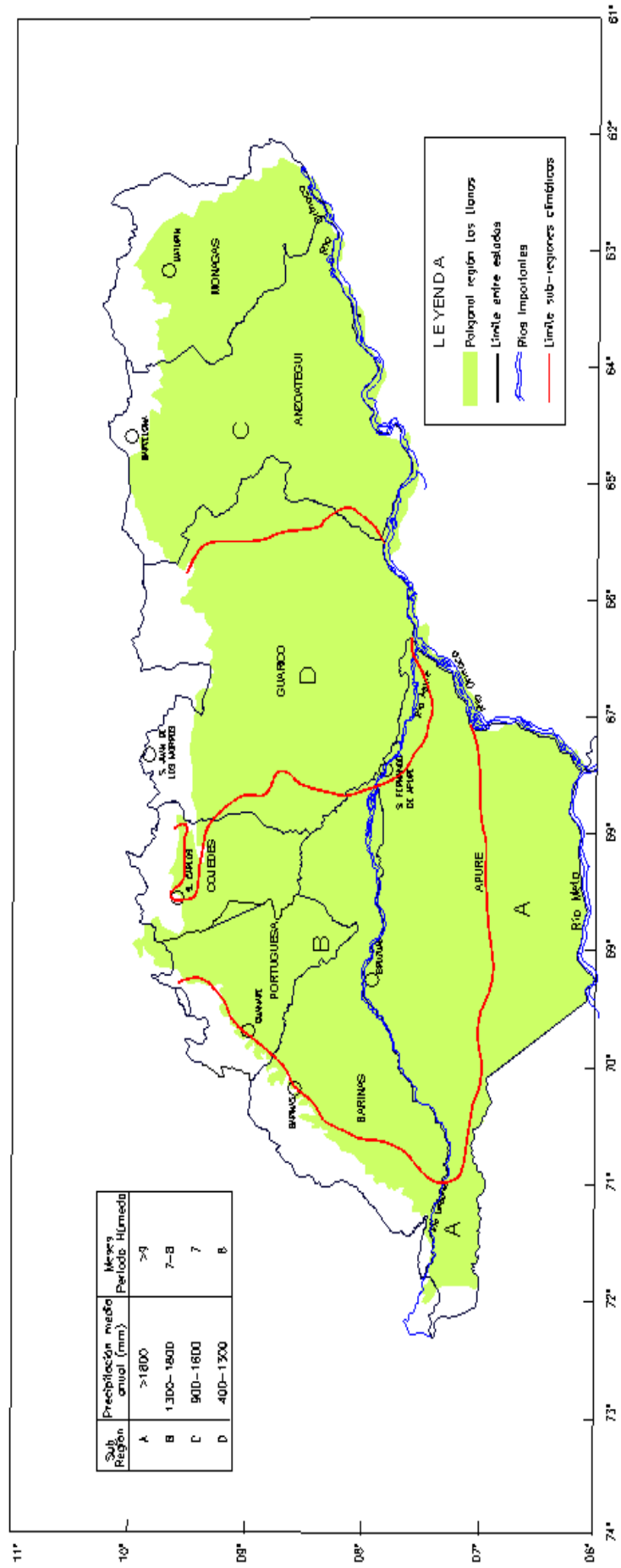
# **Apéndices**



## Apéndice Capítulo 4







**Figura 1.** Subregiones climáticas. Llanos de Venezuela



## Apéndice Capítulo 5



## **PARTE I**

### **Definiciones Simplificadas de Órdenes, Subordenes y Grandes Grupos de Suelos (Soil Survey Staff, 1999)**

Solamente se incluyen las definiciones de los grandes grupos más comunes en las tierras llaneras. Otros grandes grupos ocupan extensiones relativamente pequeñas.

#### **ALFISOLES**

Suelos con horizontes de diagnóstico argillic, kandic o natric y moderada a alta saturación con bases por lo menos en los horizontes inferiores del perfil. Los horizontes argillic muestran un incremento marcado en el contenido de arcilla desde el horizonte superficial hasta los subyacentes y tienen evidencias de movimiento de arcilla desde las capas superficiales a las profundas (películas de arcilla y otras). El horizonte kandic tiene un incremento marcado en el contenido de arcilla y una baja relación entre la capacidad de intercambio catiónico y el porcentaje de arcilla (CIC/ % arcilla). Esta relación es inferior a 16 cmol/ kg de arcilla por el método del acetato de amonio y menor de 12 cmol/ kg de arcilla por el método de suma de bases y aluminio intercambiable. El horizonte natric es similar al argillic y además tiene un alto porcentaje de sodio intercambiable (15% o más).

##### **Suborden Aqualfs**

Alfisoles con drenaje muy pobre a imperfecto, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Natraqualfs con un horizonte natric.
- Kandiaqualf con un horizonte kandic.
- Albaqualfs con un incremento de arcilla muy fuerte y abrupto desde los horizontes superficiales al argillic y este tiene una lenta conductividad hidráulica.

- Epiaqualfs tienen durante parte del año horizontes no saturados con agua debajo de capas superficiales saturadas. El suelo se satura por acumulación de aguas superficiales.
- Endoaqualfs no tienen durante parte del año horizontes no saturados con agua debajo de capas superficiales saturadas. El nivel freático fluctúa hasta cerca de la superficie del suelo.

### **Suborden Udalfs**

Alfisoles que permanecen secos en parte del perfil (se determina en la sección control de humedad que depende de la textura del suelo) por menos de 90 días por año, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Paleudalf con un horizonte argillic grueso; hasta más de 150 cm desde la superficie del suelo el contenido de arcilla no disminuye del máximo alcanzado en el argillic o disminuye levemente.
- Hapludalf con un argillic más delgado que en el gran grupo anterior.

### **Suborden Ustalfs**

Alfisoles que permanecen secos en parte del perfil por 90 días o más por año, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Paleustalfs con un horizonte argillic grueso; hasta más de 150 cm desde la superficie del suelo el contenido de arcilla no disminuye del máximo alcanzado en el argillic o disminuye levemente.
- Haplustalfs con un argillic más delgado que en el gran grupo anterior.

## **ENTISOLES**

Suelos que carecen de horizontes de diagnóstico excepto por la presencia de un horizonte de diagnóstico superficial ochric, con colores claros y/o delgado y/o con un bajo contenido de carbono orgánico.

### **Suborden Aquents**

Entisoles con drenaje muy pobre a imperfecto, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Fluvaquents con decrecimiento irregular del contenido de carbono orgánico en profundidad o 0,2 % o más de carbono orgánico a 125 cm de profundidad.
- Psammaquents con texturas arenosas o areno francosas y menos de 35 % de fragmentos de roca de 2 mm o más de diámetro, por lo menos entre 25 y 100 cm de profundidad.
- Endoaquents no tienen durante parte del año horizontes no saturados con agua debajo de capas superficiales saturadas.

#### **Suborden Psammets**

Entisoles con drenaje excesivo a bueno, texturas arenosas o areno francosas y menos de 35 % de fragmentos de roca de 2 mm o más de diámetro, por lo menos entre 25 y 100 cm de profundidad, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Quartzipsammets, con más de 90 % de la fracción arena constituida de minerales resistentes como el cuarzo.
- Ustipsammets permanecen secos en parte del perfil por 90 días o más por año.
- Udipsammets permanecen secos en parte del perfil por menos de 90 días por año.

#### **Suborden Fluvents**

Con drenaje algo excesivo a moderadamente bueno. Tienen decrecimiento irregular del contenido de carbono orgánico en profundidad o 0,2% o más de carbono orgánico a 125 cm de profundidad, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Ustifluvents permanecen secos en parte del perfil por 90 días o más por año.
- Udifluvents permanecen secos en parte del perfil por menos de 90 días por año.

#### **Suborden Orthents**

Con drenaje excesivo a moderadamente bueno. Sin las características de



los Fluvents y Psamments. En los Llanos generalmente son suelos poco profundos sobre la roca con o sin alteración o sobre corazas ferruginosas o con elevados contenidos de fragmentos de roca mezclados con arena o con muy poco material menor de 2 mm de diámetro, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Ustorthents permanecen secos en parte del perfil por 90 días o más por año.
- Udorthents permanecen secos en parte del perfil por menos de 90 días por año.

## **HISTOSOLES**

Son suelos con una capa con un grosor igual o mayor a 40 cm con un contenido muy elevado de materia orgánica (generalmente más de 30 %) en los 80 cm superiores del suelo. Se forman por la acumulación de residuos orgánicos en ambientes que dificultan su descomposición y mineralización, como lo son los pantanos. La mayoría tiene drenaje muy pobre. Por el grado de descomposición de los residuos orgánicos se distinguen los subórdenes siguientes:

- Fibrists con poca descomposición de los residuos orgánicos.
- Saprists con descomposición avanzada.
- Hemists para condiciones intermedias.

## **INCEPTISOLES**

Son suelos con un horizonte de diagnóstico cambic ubicado debajo de un horizonte superficial. Este horizonte se caracteriza por una alteración moderada del material originario, incluyendo lavado de carbonatos de calcio y la alteración de minerales primarios para librar óxidos de hierro que confieren colores más rojizos o intensos a este horizonte. La estructura del material

originario o roca madre del suelo es sustituida por estructura resultante de procesos formadores de suelos.

### **Suborden Aquepts**

Inceptisoles con drenaje muy pobre a imperfecto, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Humaquepts con horizontes superficiales gruesos (>25 cm), de color oscuro y ricos en materia orgánica.
- Epiaquepts tienen durante parte del año horizontes no saturados con agua debajo de capas superficiales saturadas.
- Endoaquepts no tienen durante parte del año horizontes no saturados con agua debajo de capas superficiales saturadas.

### **Suborden Ustepts**

Inceptisoles que permanecen secos en parte del perfil por 90 días o más por año, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Dystrustepts con una saturación con bases inferior a 60 % por acetato de amonio en todos los horizontes entre 25 y 100 cm.
- Haplustepts con mayor saturación con bases.

### **Suborden Udepts**

Inceptisoles que permanecen secos en parte del perfil por menos de 90 días por año, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Dystrudepts con una saturación con bases inferior a 60 % por acetato de amonio en todos los horizontes entre 25 y 100 cm.
- Eutrudepts con mayor saturación con bases.

## MOLLISOLES

Suelos con un horizonte superficial mollic caracterizado por ser grueso (generalmente más de 25 cm), color oscuro, relativamente rico en materia orgánica y con alta saturación con bases.

### **Suborden Ustolls**

Mollisoles con drenaje algo excesivo a moderadamente bueno, que permanecen secos en parte del perfil por 90 días o más por año, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Argiustolls con horizonte argillic.
- Haplustolls sin horizonte argillic.

### **Suborden Udolls**

Mollisoles con drenaje algo excesivo a moderadamente bueno, que permanecen secos en parte del perfil por menos de 90 días por año, incluye el siguiente gran grupo:

- Hapludolls sin horizonte argillic.

## OXISOLES

Son suelos con un horizonte de diagnóstico oxic ubicado debajo de un horizonte superficial y a menos de 150 cm de profundidad. Este horizonte se caracteriza por una alteración fuerte del material originario lo que determina una baja relación entre la capacidad de intercambio catiónico y el porcentaje de arcilla (CIC/ % arcilla). Esta relación es inferior a 16 cmol/ kg de arcilla por el método del acetato de amonio y menor de 12 cmol/ kg de arcilla por el método de suma de bases y aluminio intercambiable. El horizonte oxic tiene menos de 10 % de minerales fácilmente intemperizables en la fracción arena, en la cual predominan minerales resistentes como el cuarzo. Los oxisoles no deben tener un horizonte argillic sobre el oxic, pero pueden tener un horizonte kandic si el contenido de arcilla en el horizonte superficial es igual o superior a 40 %.

### **Suborden Aquox**

Oxisoles con drenaje muy pobre a imperfecto, incluye el siguiente gran grupo:

- Haplaquox sin plintita continua a menos de 125 cm, sin una alta saturación con bases y sin la siguiente combinación de características: 1) La relación entre la capacidad de intercambio catiónico por el método de suma de bases más aluminio intercambiable y el porcentaje de arcilla (CIC/ % arcilla) es menor de 1,5 cmol/ kg de arcilla. 2) Un pH igual o superior a 5 en de KCl 1N.

### **Suborden Ustoxs**

Oxisoles que permanecen secos en parte del perfil por 90 días o más por año, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Kandiudox con un horizonte kandic a menos de 150 cm, sin una alta saturación con bases y sin la siguiente combinación de características: 1) La relación entre la capacidad de intercambio catiónico por el método de suma de bases más aluminio intercambiable y el porcentaje de arcilla (CIC/ % arcilla) es menor de 1,5 cmol/ kg de arcilla. 2) Un pH igual o superior a 5 en de KCl 1N.
- Haplustox sin un horizonte kandic, sin una alta saturación con bases y sin la siguiente combinación de características: 1) La relación entre la capacidad de intercambio catiónico por el método de suma de bases más aluminio intercambiable y el porcentaje de arcilla (CIC/ % arcilla) es menor de 1,5 cmol/ kg de arcilla. 2) Un pH igual o superior a 5 en KCl 1N.

### **Suborden Udox**

Oxisoles que permanecen secos en parte del perfil por menos de 90 días por año, incluye el siguiente gran grupo:

- Kandiudox similar a los Kandiustox.
- Hapludox similar a los Haplustox.

## ULTISOLES

Suelos con horizontes de diagnóstico argillic o kandic y baja saturación con bases por lo menos en los horizontes inferiores del perfil (Ver alfisoles para definición de horizontes argillic y kandic).

### Suborden Aquults

Ultisoles con drenaje muy pobre a imperfecto, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Plinthaquults tienen a menos de 150 cm de profundidad una fase continua de plintita o ésta ocupa más de 50 % del volumen del horizonte. La plintita es una mezcla rica en hierro y pobre en humus, con arcilla, cuarzo y otros minerales, que se presenta en forma de concentraciones rojas con un patrón reticular, laminar o poligonal. Ella endurece irreversiblemente para originar nódulos irregulares o capas cementadas por óxidos de hierro, cuando queda expuesta a repetidos ciclos de humedecimiento y secado, especialmente cuando experimenta el calentamiento directo del sol.
- Albaquults con un incremento de arcilla muy fuerte y abrupto desde los horizontes superficiales al argillic o kandic y este tiene una lenta conductividad hidráulica.
- Kandiaquults con un horizonte kandic grueso; hasta más de 150 cm desde la superficie del suelo el contenido de arcilla no disminuye del máximo alcanzado en el kandic o disminuye levemente.
- Kanhaplaquults con un kandic más delgado que en el gran grupo anterior.
- Paleaquults con un horizonte argillic grueso; hasta más de 150 cm desde la superficie del suelo el contenido de arcilla no disminuye del máximo alcanzado en el argillic o disminuye levemente.
- Umbraquults con horizontes superficiales gruesos (>25 cm), de color oscuro y ricos en materia orgánica.
- Epiaquults con un horizonte argillic más delgado que en los Paleaquults y tienen durante parte del año horizontes no saturados con agua debajo de capas superficiales saturadas.

- Endoaquults con un horizonte argillic más delgado que en los Paleaquults y no tienen durante parte del año horizontes no saturados con agua debajo de capas superficiales saturadas.

### **Suborden Humults**

Ultisoles ricos en materia orgánica, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Palehumults con un horizonte argillic grueso; hasta más de 150 cm desde la superficie del suelo el contenido de arcilla no disminuye del máximo alcanzado en el argillic o disminuye levemente.
- Haplohumults con un horizonte argillic más delgado.

### **Suborden Udults**

Ultisoles que permanecen secos en parte del perfil por menos de 90 días por año, incluye los siguientes grandes grupos:

- Plinthudults tienen a menos de 150 cm de profundidad una fase continua de plintita o ésta ocupa más de 50 % del volumen del horizonte.
- Kandiudults con un horizonte kandic grueso; hasta más de 150 cm desde la superficie del suelo el contenido de arcilla no disminuye del máximo alcanzado en el kandic o disminuye levemente.
- Kanhapludults con un kandic más delgado que en el gran grupo anterior.
- Paleudults con un horizonte argillic grueso; hasta más de 150 cm desde la superficie del suelo el contenido de arcilla no disminuye del máximo alcanzado en el argillic o disminuye levemente.
- Hapludults con un argillic más delgado que en el gran grupo anterior.

### **Suborden Ustults**

Ultisoles que permanecen secos en parte del perfil por 90 días o más durante el año, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Plinthustults tienen a menos de 150 cm de profundidad una fase continua de plintita o ésta ocupa más de 50 % del volumen del horizonte.
- Kandiustults similar a los Kandiudults.
- Kanhaplustults similar a los Kanhapludults.
- Paleustults similar a los Paleudults.
- Haplustults similar a los Hapludults.

## **VERTISOLES**

Son suelos ricos en arcillas fuertemente expansibles, su contenido de arcilla es superior a 30 % desde la superficie del suelo hasta 50 cm o más.

### **Suborden Aquerts**

Vertisoles con drenaje muy pobre a imperfecto, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Natraquerts tienen 15 % o más de sodio intercambiable a menos de 100 cm de profundidad.
- Dystraquerts tienen un pH igual o menor a 5 en relación agua - suelo 1:1 en una capa de más de 25 cm de grosor a menos de 50 cm de la superficie del suelo.
- Epiaquerts tienen durante parte del año horizontes no saturados con agua debajo de capas superficiales saturadas.
- Endoaquerts no tienen durante parte del año horizontes no saturados con agua debajo de capas superficiales saturadas.

### **Suborden Usterts**

Vertisoles que permanecen secos en parte del perfil por 90 días o más durante el año, incluyen los siguientes grandes grupos:

- Dystrusterts tienen un pH igual o menor a 5 en relación agua - suelo 1:1 en una capa de más de 25 cm de grosor a menos de 50 cm de la superficie del suelo.
- Haplusterts sin la condición anterior.

### **Suborden Uderts**

Vertisoles que permanecen secos en parte del perfil por menos de 90 días por año, e incluyen los siguiente gran grupo:

- Dystruderts tienen un pH igual o menor a 5 en relación agua - suelo 1:1 en una capa de más de 25 cm de grosor a menos de 50 cm de la superficie del suelo.
- Hapluderts sin la condición anterior.





## PARTE II

**Cuadro 5.1.** Geomorfología, drenaje, clasificación taxonómica (Soil Survey Staff, 1999), vegetación y uso de suelos seleccionados de las planicies aluviales actuales.

Perfil	Geomorfología, lugar, pendiente	Drenaje	Clasif. taxon.	Vegetación o uso
1	Cubeta de desborde del río Boconó, Barinas. < 1 %	Imperfecto, corto encharcamiento	Fluvaquentic Epiaquept	Bosque semideciduo
2	Napa de desborde del río Boconó, Barinas. < 1 %	Bueno	Typic Haplustept	Bosque semideciduo
3	Cauce abandonado sin colmatar del río Boconó, Barinas. < 1 %	Algo excesivo	Typic Ustipsamment	Bosque semideciduo ralo
4	Napa de desborde del río Boconó, Barinas. < 1 %	Moderadamente bueno	Aquic Haplustoll	Bosque semideciduo
5	Napa de desborde del río Apure, Apure. < 1 %	Moderadamente bueno	Aquic Haplustept	Bosque semideciduo
6	Cubeta de desborde del río Apure, Apure. < 1 %	Pobre, desborde de ríos	Vertic Epiaquept	Sabana Paspalum fasciculatum
7	Cubeta de desborde del río Apure, Apure. < 1 %	Muy pobre, desborde de ríos	Typic Fluvaquent	Sabana Paspalum fasciculatum
8	Napa de desborde del río Acarigua, Portuguesa. < 1 %	Moderadamente bueno	Aquic Ustifluvent	Cultivos mecanizados
9	Napa de desborde del río Acarigua, Portuguesa. < 1 %	Moderadamente bueno	Aquic Haplustept	Cultivos mecanizados
10	Napa de desborde del río Sarare, Apure. < 1 %	Imperfecto	Aquic Dystrustept	Pastizal
11	Napa de explayamiento del río Guanare, Portuguesa. < 1 %	Algo excesivo	Typic Ustorthent	Cultivos mecanizados

Fuente: Perfiles 1, 2, 3 (Schargel, R. y A. Rosales, datos no publicados); 4 (Schargel, 1972); 5, 6 (Colmenares et al., 1974); 7 (Edafólogos Consultores SA, 1981); 8, 9 (Larreal et al., 1975); 10 (Valerio y Chacín, 1981); 11 (Sánchez y Marvez, 1990)

**Cuadro 5.2.** Color y moteado en húmedo, textura, estructura y otras características de horizontes seleccionados de suelos de planicies aluviales actuales.

Perf	Horiz	Prof cm	Color	Moteado	Tex	Estr	Otras características
1	A	0-11	10YR3/2	-	FAL	B2m	-
1	Bg	43-70	10YR4/3	10YR4/1, 5YR4/4	AL	B3m	-
2	A	0-15	10YR4/2	-	FL	B2m	Abundante mica
2	Bw	15-53	10YR4/3	-	FL	B2m	Abundante mica
3	A	0-16	10YR2/1	-	aF	Gs	Abundante mica
3	C	32-61	10YR4/2	-	a	Gs	Abundante mica
4	A1	0-15	10YR3/1	-	F	B1m	Abundante mica
4	A2	15-41	10YR3/2	-	F	B1m	Abundante mica
4	Bw	41-74	10YR5/4	-	FL	B2m	Abundante mica
5	A	0-12	10YR3/2	-	FAL	B2m	-
5	Bw	12-59	10YR4/4	10YR5/3	FAL	B2m	-
6	Ag	0-19	10YR4/1	5YR4/6	A	P2mg	-
6	Bg	19-48	10YR4/1	7.5YR4/4	AL	P3m	-
6	Bg	48-77	2.5Y5/4	10YR4/1	AL	P3m	-
7	Ag	0-23	5Y4/1	10R4/8	Al	M	-
7	2Cg	23-55	10YR5/1	10YR5/8	Fa	M	-
7	3Ab	55-66	10YR2/1	-	FA	M	-
7	3Cg	66-80	10YR5/1	7.5YR4/6	AL	M	-
8	Ap	0-21	2.5Y5/2	-	FAL	B1f	6 % de carbonatos
8	C	21-51	5Y5/3	10YR5/1	FL	L	8 % de carbonatos
9	Ap	0-15	10YR4/3	-	FL	B2f	3 % de carbonatos
9	Bw	26-39	5Y5/3	10YR5/6, 10YR5/1	FL	P2m	3 % de carbonatos
9	Ck	49-74	2.5Y5/4	10YR5/1	FL	P2m	10 % de carbonatos
10	A1	0-8	10YR5/2	10YR6/8	FAL	M	-
10	A2	8-20	10YR5/3	10YR5/2	FAL	B2m	-
10	Bw	20-70	10YR5/4	10YR5/1	FL	B2m	-
11	Ap1	0-10	10YR4/2	10YR4/2	F	B2m	-
11	Ap2	10-21	10YR5/3	10YR5/3	F	B2m	-
11	C	> 21	10YR4/3	10YR4/3	aF	Gs	Granzón 70 % del volumen

Texturas: a = arena, aF = areno francosa, Fa = franco arenosa, F = franca, FL = franco limosa, FAa = franco arcillo arenosa, FA = franco arcillosa, FAL = franco arcillo limosa, Aa = arcillo arenosa, AL = arcillo limosa, A = arcillosa

Estructura: B = blocosa, P = prismática, G = granular, L = laminar, M = maciza, Gs = grano simple; 1 = débil, 2 = moderada, 3 = fuerte; mf = muy fina, f = fina, m = media, g = gruesa, mg = muy gruesa.

**Cuadro 5.3.** Análisis de horizontes seleccionados de suelos de planicies aluviales actuales.

Perfil	Prof cm	A %	L %	a %	MO %	pH	CE dSm <sup>-1</sup>	cmol(+)kg <sup>-1</sup> de suelo				
								Ca	Mg	K	Na	CIC
1	0-11	36	60	4	5,5	6,9	0,5	24,4	4,7	0,9	0,1	38,8
1	43-70	49	44	7	1,1	6,8	0,1	18,0	2,5	0,2	0,1	29,4
2	0-15	21	63	16	3,4	6,2	0,4	11,5	3,9	0,5	0,1	20,9
2	15-53	17	70	13	0,9	6,0	0,2	7,6	3,6	0,2	0,1	15,5
3	0-16	6	14	80	3,6	7,3	0,4	14,2	1,8	0,2	0,1	18,2
3	32-61	2	17	81	0,3	7,0	0,2	2,7	0,6	0,1	<0,05	4,3
4	0-15	11	33	50	4,0	7,0	-	9,2	1,5	0,6	0,7	14,6
4	15-41	20	36	44	2,0	6,5	-	7,5	1,1	0,4	0,7	12,8
4	41-74	23	63	14	0,5	6,5	-	5,0	2,2	0,2	0,7	11,8
5	0-12	30	68	2	4,0	5,7	0,2	13,9	3,4	0,2	0,2	25,3
5	12-59	30	69	1	0,7	5,8	0,1	8,4	3,0	0,1	0,2	17,7
6	0-19	64	34	2	2,9	4,7	0,2	10,0	5,0	0,5	0,3	34,4
6	19-48	55	41	4	0,9	5,2	0,1	13,9	4,8	0,2	0,3	31,4
6	48-77	52	45	3	0,5	5,3	0,1	11,0	4,6	0,2	0,3	24,0
7	0-23	44	49	7	2,1	4,9	0,2	8,7	5,0	0,3	0,2	22,0
7	23-55	12	23	65	0,6	5,6	0,1	3,6	1,1	0,2	0,2	7,0
7	55-66	28	36	36	2,2	5,5	0,1	7,6	6,5	0,2	0,4	21,5
7	66-80	41	58	1	0,5	5,3	0,1	6,5	5,9	0,3	0,4	17,0
8	0-21	27	63	10	3,5	8,1	0,7	**	**	0,3	0,1	25,3*
8	21-51	26	66	8	1,2	8,4	0,3	**	**	0,1	0,1	15,5*
9	0-15	27	65	8	3,6	8,2	0,7	**	**	0,1	0,1	27,0*
9	26-39	27	67	6	1,8	8,3	0,5	**	**	0,1	0,2	22,5*
9	49-74	17	76	7	0,5	8,5	0,4	**	**	0,1	0,2	11,3*
10	0-8	32	63	5	4,4	5,0	-	8,1	3,0	0,3	<0,05	25,9
10	8-20	33	62	5	2,5	5,2	-	4,4	3,3	0,2	<0,05	18,3
10	20-70	25	71	4	0,8	5,4	-	1,9	3,2	0,1	<0,05	12,7
11	0-10	16	42	42	2,4	5,4	<0,1	5,0	1,5	0,3	<0,05	13,0
11	10-21	21	32	47	2,2	5,5	<0,1	5,8	1,5	0,2	<0,05	14,3
11	> 21	11	7	82	0,5	5,5	<0,1	3,3	0,9	0,2	<0,05	9,1

A = arcilla, L = limo, a = arena, MO = materia orgánica, pH en pasta saturada o en relación suelo : agua 1:1, CE = conductividad eléctrica en el extracto de saturación, CIC = capacidad de intercambio catiónico por suma de bases intercambiables (Ca, Mg, Na, K) extraídas con acetato de amonio más acidez extraíble con solución de cloruro de bario trietanolamina pH 8,2.

\* CIC por acetato de sodio pH 8,2. \*\* No determinado por presencia de carbonatos de calcio.

**Cuadro 5.4.** Geomorfología, drenaje, clasificación taxonómica (Soil Survey Staff, 1999), vegetación y uso de suelos seleccionados de las planicies aluviales recientes y suelos sódicos de fines del Pleistoceno.

Perfil	Geomorfología, lugar, pendiente	Drenaje	Clasif. taxon.	Vegetación o uso
12	Cauce rellenado al sur del río Apure por Bruzual, Apure. < 1 %	Moderadamente bueno	Oxyaquic Haplustalf	Bosque semidecíduo, bajo y ralo
13	Cubeta de desborde al sur del río Apure por Bruzual, Apure. < 1 %	Pobre, empozado 5-30 cm	Vertic Epiaqualf	Sabana de bajío con Leersia y Panicum
14	Cubeta de decantación, llano bajo, Arismendi, Barinas. < 1 %	Muy pobre, empozado > 0,3 m	Ustic Dystraquert	Herbácea de estero
15	Napa de desborde, ríos Boconó y Masparro, Barinas. < 1 %	Imperfecto	Aquultic Haplustalf	Terreno recientemente deforestado
16	Napa de desborde del río Tiznados, Guárico. < 1 %	Bueno	Typic Haplustalf	Pastizal extensivo
17	Cubeta de decantación del río Pao, Cojedes. < 1 %	Muy pobre, empozado 0,3-1 m	Ustic Epiaquert	Herbácea de estero
18	Napa de desborde, bajío al sur caño Guaritico, Apure. < 1 %	Pobre, hasta 1m de agua represada	Typic Natraqualf	Sabana de bajío con Paratheria prostrata
19	Napa de desborde, bajío al sur del río Portuguesa, Portuguesa. < 1 %	Pobre, empozado 5-20 cm	Typic Natraqualf	Sabana de bajío con Leersia hexandra

Fuente: Perfiles 12, 13 (Schargel y González, 1973); 14, 16, 17 (PINT, 1979, 1985); 15, 18, 19 (Schargel, 1972, 1984 y datos no publicados).

**Cuadro 5.5.** Color y moteado en húmedo, textura, estructura y otras características de horizontes seleccionados de suelos de planicies aluviales recientes y de suelos sódicos de fines del Pleistoceno

Perf	Horiz	Prof cm	Color	Moteado	Tex	Estr	Otras características
12	A	0-11	10YR3/2	-	Fa	B1f	-
12	E	33-54	7.5YR4/4	-	F	M	Pocos nódulos de Fe y Mn
12	Bt	70-102	10YR5/4	2.5YR4/7	FA	B3g	Nódulos de Fe y Mn
12	Cg	133-178	10YR5/4	10YR5/2	Fa	Gs	Muchos nódulos blandos Fe y Mn
13	A	0-8	10YR3/1	-	FL	G2m	-
13	AB	8-20	10YR4/1	7.5YR5/6	FA	B2m	-
13	Btg	20-77	2.5Y4/2	10YR5/6	A	P2g	Slickensides, nódulos Fe y Mn
14	A	0-10	10YR4/1	-	A	P2m	-
14	Bg	25-65	10YR4/1	5YR4/8	A	P2g	Slickensides
14	C	80-120	5Y4/2	5Y6/6	A	P1mg	Slickensides
15	A	0-24	10YR4/2	-	FL	B1m	Nódulos de Fe y Mn
15	Bt1	24-52	10YR5/6	10YR5/1	AL	B2m	Nódulos de Fe y Mn
15	Bt2	52-79	10YR5/6	10YR5/1	FA	B2m	Nódulos de Fe y Mn
16	A	0-15	10YR3/3	-	FL	B2m	-
16	Bt2	30-50	2.5YR3/6	-	AL	B2m	-
16	Bt4	70-85	10YR5/5	2.5YR4/6	FAL	B2m	-
17	A	0-17	5GY4/1	7.5YR5/6	A	B2m	-
17	Bg	17-40	2.5Y4/2	7.5YR5/6	A	B2m	Nódulos de Fe y Mn
17	Bg	40-84	2.5Y4/4	2.5Y4/2	A	B3g	Slickensides, nódulos Fe y Mn
18	A	0-9	10YR5/2	7.5YR4/4	FL	B1f	-
18	Ecg	9-30	10YR5/2	7.5YR5/6	FL	M	Muchos nódulos de Fe y Mn *
18	Btng	30-55	10YR6/2	10YR5/6	FL	P3mg	Pocos nódulos de Fe y Mn
18	Btng	55-75	10YR7/1	10YR5/8	FL	M	Pocos nódulos de Fe y Mn
19	A	0-6	10YR5/3	-	FAL	B1f	-
19	Eg	6-13	10YR6/3	10YR5/6	FL	M	-
19	Bteng	13-21	10YR6/2	7.5YR5/6	FL	P2mg	Muchos nódulos de Fe y Mn
19	Btn	21-35	2.5Y4/3	10YR4/1	FAL	P2mg	Pocos nódulos Fe y Mn
19	Btn	35-57	2.5Y4/3	2.5Y4/2, 10YR4/6	FAL	P1m	Acumulación carbonato de calcio

Texturas: a = arena, aF = areno francosa, Fa = franco arenosa, F = franca, FL = franco limosa, FAa = franco arcillo arenosa, FA = franco arcillosa, FAL = franco arcillo limosa, Aa = arcillo arenosa, AL = arcillo limosa, A = arcillosa

Estructura: B = blocosa, P = prismática, G = granular, L = laminar, M = maciza, Gs = grano simple; 1 = débil, 2 = moderada, 3 = fuerte; mf = muy fina, f = fina, m = media, g = gruesa, mg = muy gruesa.

\* Nódulos concentrados principalmente en capa de 26 a 30 cm

**Cuadro 5.6.** Análisis de horizontes seleccionados de suelos de planicies aluviales recientes y de suelos sódicos de fines del Pleistoceno.

Perfil	Prof cm	A %	L %	a %	MO %	pH	CE dSm <sup>-1</sup>	cmol(+)kg <sup>-1</sup> de suelo				
								Ca	Mg	K	Na	CIC
12	0-11	11	32	57	2,2	5,1	0,4	5,0	**	0,3	0,1	9,9
12	33-54	13	41	46	0,4	4,9	0,2	2,2	**	0,1	0,1	6,3
12	70-102	30	36	34	0,4	4,6	0,3	4,4	**	0,1	0,1	11,1
12	133-178	12	14	74	0,1	5,1	0,3	2,4	**	0,1	0,1	4,7
13	0-8	20	53	27	3,4	4,7	0,3	3,6	**	0,2	0,1	13,2
13	8-20	33	46	21	1,3	4,7	0,2	5,5	**	0,1	0,2	13,3
13	20-77	57	36	7	0,6	5,7	0,1	15,6	**	0,2	0,6	24,7
14	0-10	68	30	2	4,1	4,6	0,2	11,0	4,7	0,6	0,3	34,1
14	25-65	72	26	2	1,3	4,9	0,2	12,0	5,5	0,3	0,4	30,0
14	80-120	65	35	0	0,6	7,2	0,3	14,0	7,5	0,2	0,5	23,2
15	0-24	22	52	26	2,8	5,8	-	6,2	1,4	0,2	0,8	13,3
15	24-52	41	47	12	0,9	5,3	-	8,9	3,5	0,3	0,9	18,7
15	52-79	28	42	30	0,8	5,6	-	6,6	3,0	0,2	0,9	15,0
16	0-15	21	55	24	3,5	5,9	0,5	6,0	4,8	1,1	0,1	14,5*
16	30-50	42	41	17	1,1	5,5	0,4	6,2	4,2	0,2	0,1	16,0*
16	70-85	32	51	17	0,5	6,0	0,4	6,4	3,9	0,1	0,2	12,5*
17	0-17	67	30	3	2,7	4,7	0,2	13,7	10,2	0,6	0,3	36,1
17	17-40	69	28	3	1,3	6,1	0,4	15,0	15,5	0,4	0,4	34,5
17	40-84	69	28	3	0,9	6,4	0,3	15,0	16,2	0,4	0,4	33,2
18	0-9	6	62	32	1,9	5,4	<0,1	0,8	0,2	0,1	0,1	5,6
18	9-26	5	68	27	0,5	5,8	<0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	1,9
18	30-55	22	54	24	0,3	7,2	<0,1	1,8	2,9	0,2	2,3	10,0
18	55-75	22	61	17	0,1	8,0	<0,1	2,2	3,7	0,2	2,2	8,3
19	0-6	33	51	16	3,7	5,1	0,1	1,2	0,3	0,3	0,5	10,0
19	6-13	14	76	10	1,9	5,2	0,1	0,8	0,1	0,2	0,5	7,6
19	13-21	26	59	15	0,9	6,4	0,1	1,5	0,3	0,2	2,2	11,2
19	21-35	32	57	11	0,7	8,4	0,2	2,7	1,7	0,3	8,0	12,7
19	35-57	29	59	12	0,5	9,2	0,4	4,7	2,1	0,3	9,1	16,2

A = arcilla, L = limo, a = arena, MO = materia orgánica, pH en pasta saturada o en relación suelo : agua 1:1, CE = conductividad eléctrica en el extracto de saturación, CIC = capacidad de intercambio catiónico por suma de bases intercambiables (Ca, Mg, Na, K) extraídas con acetato de amonio más acidez extraíble con solución de cloruro de bario trietanolamina pH 8,2.

\* CIC por acetato de amonio, \*\* Determinación de calcio más magnesio

**Cuadro 5.7.** Geomorfología, drenaje, clasificación taxonómica (Soil Survey Staff, 1999), vegetación y uso de suelos seleccionados de planicies aluviales del Pleistoceno.

Perfil	Geomorfología, lugar, pendiente	Drenaje	Clasif. taxon.	Vegetación o uso
20	Eje de explayamiento río Santo Domingo, Barinas. < 1 %	Bueno	Kandic Paleustalf	Sabana de Trachypogon
21	Cubeta de desborde río Santo Domingo, Barinas. < 1 %	Pobre, empozado hasta 20cm	Aeric Albaqualf	Sabana con Sorghastrum y Leersia
22	Napa de desborde / explayamiento, Socopó, Barinas. < 1 %	Bueno	Typic Paleudult	Pastos introducidos
23	Cubeta de desborde, río Michay, Barinas. < 1 %	Pobre, empozado <30 cm	Plinthic Kanhaplaquult	Pastos introducidos
24	Plano inclinado, piedemonte Portuguesa. 3-8%	Bueno	Typic Kandiustult	Sabana de Trachypogon
25	Napa de desborde en bajío, módulos del Alto Apure. < 1 %	Pobre, hasta 1 m de agua represada	Plinthic Albaquult	Sabana con Paratheria prostrata
26	Napa de explayamiento, Monagas. < 1 %	Pobre, sin o corto empozamiento	Plinthic Paleaquult	Sabana de Trachypogon
27	Napa de explayamiento /corazas de la Formación Mesa, Guárico. < 1 %	Pobre, con empozamiento	Plinthic Kanhaplaquult	Sabana

Fuente: Perfiles 20 y 22 (Schargel, 1978); 21 Zinck y Stagno,1966); 23, 24 (PINT, 1985); 25 (Pérez-Materán et al., 1980); 26 (Westin, 1962); 27 (PINT, 1990).



**Cuadro 5.8.** Color y moteado en húmedo, textura, estructura y otras características de horizontes seleccionados de suelos de planicies aluviales del Pleistoceno.

Perf	Horiz	Prof cm	Color	Moteado	Tex	Estr	Otras características
20	A	0-8	5YR2/2	-	Fa	B1f	-
20	Bt	47-100	2.5YR3/6	-	Aa	B2f	-
20	BC	180-240	5YR4/4	-	FAa	B1g	-
21	A	0-20	10YR5/1	-	FL	B1m	-
21	Bt	20-50	10YR3/1	10YR6/4	FA	P3mg	Nódulos de Fe y Mn
21	BC	100-123	N6/0	7.5YR6/6	F	P2g	Nódulos de Fe y Mn
22	A	0-9	7.5YR4/3	-	FA	B2m	-
22	Bt	32-60	5YR4/8	-	A	B3f	Nódulos de Fe y Mn
22	2Bt	120-155	5YR4/8	-	A	B2m	24% fragmentos de roca 0,2-8cm
23	A	0-12	10YR3/2	-	FAa	G	-
23	Btg	42-60	10YR5/1	7.5YR5/6	A	M	-
23	Bv	125-150	10YR6/1	2.5YR4/8	A	M	Presencia de plintita
24	A	0-15	10YR4/4	-	Fa	B2m	-
24	Bt	68-130	7.5YR5/6	-	FA	B2m	-
24	BC	168-195	7.5YR5/6	-	FAa	B2m	-
25	A	0-13	10YR4/1	-	FL	B1m	-
25	E	28-41	10YR7/2	-	FL	B1m	-
25	Btg	41-75	10YR6/2	7.5YR5/8	FA	B2g	-
25	Btv	75-110	10YR7/1	10R4/6	FA	B1m	Presencia de plintita
26	A	0-30	10YR3/1	7.5YR6/6	Fa	G1m	-
26	E	55-80	7.5YR7/2	-	Fa	Gs	-
26	Btv	120-150	N6/0	7.5YR5/6, 10R3/6	A	M	30% plintita, pocos nódulos de Fe
27	A	0-10	10YR3/1	-	F	B2g	-
27	E	15-30	10YR7/1	10YR6/6	Fa	B2g	Inclusiones de color 10YR3/1
27	Btv	30-58	10YR7/1	2.5YR3/6	FA	M	35% plintita, pocos nódulos Fe *

Texturas: a = arena, aF = areno francosa, Fa = franco arenosa, F = franca, FL = franco limosa, FAa = franco arcillo arenosa, FA = franco arcillosa, FAL = franco arcillo limosa, Aa = arcillo arenosa, AL = arcillo limosa, A = arcillosa

Estructura: B = blocosa, P = prismática, G = granular, L = laminar, M = maciza, Gs = grano simple; 1 = débil, 2 = moderada, 3 = fuerte; mf = muy fina, f = fina, m = media, g = gruesa, mg = muy gruesa.

\*Coraza ferruginosa (contacto petroférico) a 120 cm.

**Cuadro 5.9.** Análisis de horizontes seleccionados de suelos de planicies aluviales del Pleistoceno.

Perfil	Prof cm	A %	L %	a %	MO %	pH	CE dSm <sup>-1</sup>	cmol(+)kg <sup>-1</sup> de suelo				
								Ca	Mg	K	Na	CIC
20	0-8	17	12	71	1,7	5,7	0,2	2,1	1,4	0,4	0,1	8,1
20	47-100	36	15	49	0,4	5,4	<0,1	1,0	0,7	0,2	0,1	7,7
20	180-240	24	23	53	<0,1	5,7	<0,1	2,0	1,8	0,3	0,2	8,8
21	0-20	11	51	38	1,7	5,6	0,4	2,4	0,8	0,2	0,2	5,0
21	20-50	39	33	28	0,9	6,9	0,3	7,5	1,5	0,2	0,8	16,5
21	100-123	27	35	38	0,2	6,8	0,2	9,7	1,1	0,3	0,3	18,9
22	0-9	33	44	23	3,3	5,6	-	6,6	0,9	0,5	0,1	18,0
22	32-60	47	41	12	0,7	4,9	-	0,4	0,2	0,2	0,1	10,9
22	120-155	39	33	28	0,1	5,2	-	0,3	0,1	0,2	0,2	8,8
23	0-12	34	51	15	3,9	4,8	0,3	0,9	1,8	0,3	0,1	14,3
23	42-60	53	31	16	0,7	5,1	0,2	0,4	0,6	0,1	0,1	8,4
23	125-150	44	37	19	0,5	5,4	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	7,6
24	0-15	8	29	63	1,1	5,0	-	0,7	0,2	0,2	0,1	5,0
24	68-130	29	46	25	0,4	4,9	-	0,3	t	t	t	4,0
24	168-195	21	25	54	0,2	4,9	-	0,1	t	t	t	3,2
25	0-13	5	68	27	1,6	4,9	0,5	0,2	0,1	0,2	t	3,1
25	28-41	11	66	23	0,5	4,7	0,2	0,2	t	0,1	0,1	2,8
25	41-75	35	45	20	0,4	5,2	0,2	0,5	0,7	0,1	0,1	10,7
25	75-110	27	52	21	0,2	5,2	0,2	0,3	0,5	0,1	0,1	7,4
26	0-30	19	15	66	1,5	5,4	<0,1	0,3	0,1	t	0,2	5,6
26	55-80	18	21	61	0,1	5,6	<0,1	0,1	0,1	t	0,1	3,1
26	120-150	45	16	39	0,1	5,4	<0,1	1,3	0,8	t	0,3	11,6
27	0-10	24	36	40	8,8	5,0	<0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	16,0*
27	15-30	26	21	53	1,5	5,0	<0,1	0,2	t	0,1	0,1	5,1*
27	30-58	38	20	42	0,7	5,2	<0,1	0,1	t	t	0,1	4,4*

A = arcilla, L = limo, a = arena, MO = materia orgánica, pH en pasta saturada o en relación suelo : agua 1:1, CE = conductividad eléctrica en el extracto de saturación, CIC = capacidad de intercambio catiónico por suma de bases intercambiables (Ca, Mg, Na, K) extraídas con acetato de amonio más acidez extraíble con solución de cloruro de bario trietanolamina pH 8,2.

\*CIC por acetato de amonio, t <0,05 cmol (+)kg<sup>-1</sup>.

**Cuadro 5.10.** Geomorfología, drenaje, clasificación taxonómica (Soil Survey Staff,1999), vegetación y uso de suelos de planicies eólicas del Pleistoceno.

Perfil	Geomorfología, lugar, pendiente	Drenaje	Clasif. taxon.	Vegetación o uso
28	Cobertura eólica limosa al sur de Elorza, Apure. < 1 %	Pobre, empozado < 30cm	Plinthic Paleaquult	Sabana
29	Duna baja al sur del río Capanaparo, Apure. 1-3 %	Imperfecto	Arenic Plinthic Kandiustult	Sabana
30	Planos entre dunas al sur del río Cunaviche, Apure. < 1 %	Pobre, empozado < 30cm	Kandic Plinthaquult	Sabana
31	Duna entre ríos Capanaparo y Cinaruco, Apure. 7-12 %	Excesivo	Ustic Quartzipsamment	Sabana de Trachypogon

Fuente: Perfiles 28, 29, 30, 31 (Edafólogos Consultores SA, 1981)

**Cuadro 5.11.** Color y moteado en húmedo, textura, estructura y otras características de horizontes seleccionados de suelos de planicies eólicas del Pleistoceno.

Perf	Horiz	Prof cm	Color	Moteado	Tex	Estr	Otras características
28	A	0-9	10YR3/2	-	FL	B1f	-
28	Eg	30-46	2.5Y5/2	7.5YR5/8	FL	B1f	-
28	Btv	142-240	5Y7/1	5YR5/6, 10R 4/8	F	P1m	30% plintita
29	A	0-8	10YR4/2	-	a	Gs	-
29	E	31-85	10YR6/3	-	aF	Gs	102-107cm muchos nódulos Fe
29	Btv	130-170	10YR7/2	10R4/6	FA	B1m	Plintita y nódulos de Fe
30	A	0-12	10YR3/2	-	a	G1m	-
30	E	30-50	10YR7/3	7.5YR5/6	Fa	M	-
30	Btv	85-140	10R4/6	10YR8/1	A	M	Plintita > 50 % y nódulos de Fe
31	A	0-8	10YR3/2	-	a	Gs	-
31	C	30-120	10YR5/4	-	a	Gs	-

Texturas: a = arena, aF = areno francosa, Fa = franco arenosa, F = franca, FL = franco limosa, FAa = franco arcillo arenosa, FA = franco arcillosa, FAL = franco arcillo limosa, Aa = arcillo arenosa, AL = arcillo limosa, A = arcillosa

Estructura: B = blocosa, P = prismática, G = granular, L = laminar, M = maciza, Gs = grano simple; 1 = débil, 2 = moderada, 3 = fuerte; mf = muy fina, f = fina, m = media, g = gruesa, mg = muy gruesa.

**Cuadro 5.12.** Análisis de horizontes seleccionados de suelos de planicies eólicas del Pleistoceno.

Perfil	Prof cm	A %	L %	a %	MO %	pH	CE dSm <sup>-1</sup>	cmol(+)kg <sup>-1</sup> de suelo				
								Ca	Mg	K	Na	CIC
28	0-9	5	56	39	3,5	4,9	0,2	0,5	0,2	0,1	t	9,7
28	30-46	12	48	40	0,7	4,9	0,1	t	t	t	t	4,0
28	142-240	22	36	42	0,1	5,2	0,1	t	t	t	t	5,5
29	0-8	4	3	93	0,8	4,8	<0,1	0,2	t	0,1	0,1	4,1
29	31-81	10	5	85	0,4	4,6	<0,1	0,2	t	t	0,1	2,8
29	130-170	33	24	43	0,2	4,9	<0,1	0,3	t	t	0,1	5,5
30	0-12	2	10	88	3,6	5,4	<0,1	0,2	0,1	t	0,1	10,7
30	30-50	19	11	70	0,4	5,3	<0,1	0,2	t	t	0,2	5,8
30	85-140	51	19	30	t	5,2	<0,1	0,3	t	t	0,3	10,5
31	0-8	2	2	96	1,0	4,4	<0,1	0,3	t	t	0,1	1,2
31	30-120	3	1	96	0,4	4,5	<0,1	0,3	t	t	0,1	0,5

A = arcilla, L = limo, a = arena, MO = materia orgánica, pH en pasta saturada o en relación suelo : agua 1:1, CE = conductividad eléctrica en el extracto de saturación, CIC = capacidad de intercambio catiónico por suma de bases intercambiables (Ca, Mg, Na, K) extraídas con acetato de amonio más acidez extraíble con solución de cloruro de bario trietanolamina pH 8,2.

t <0,05 cmol (+)kg<sup>-1</sup>.

**Cuadro 5.13.** Geomorfología, drenaje, clasificación taxonómica (Soil Survey Staff, 1999), vegetación y uso de la tierra de suelos de las altiplanicies.

Perfil	Geomorfología, lugar, pendiente	Drenaje	Clasif. taxon.	Vegetación o uso
32	Explayamiento, Formación Mesa, Monagas. 1-2 %	Bueno	Typic Kandiustult	Sabana de Trachypogon
33	Coluviones de la Formación Mesa, Anzoategui. 1-3 %	Algo excesivo	Arenic Kandiustult	Sabana de Trachypogon
34	Coluviones de la Formación Mesa, Anzoategui. 1-3 %	Excesivo	Ustoxic Quartzipsamment	Sabana de Trachypogon
35	Explayamiento, Formación Mesa, Guarico, 1-3 %	Bueno	Plinthic Kandiustult	Sabana de Trachypogon
36	Formación Mesa truncada, Guarico. 3-8 %	Bueno	Plinthic Kanhaplustult	Sabana de Trachypogon
37	Capa eólica arenosa / Pleistoceno inferior, sur de Apure. 1%	Bueno	Plinthic Haplustox	Sabana de Trachypogon
38	Capa eólica limosa / Pleistoceno inferior, sur de Apure. 1 %	Imperfecto	Plinthic Paleustult	Sabana de Trachypogon

Fuente: Perfiles 32 (Comerma y Chirinos, 1976); 33, 34 (Westin, 1962); 35, 36 (PINT, 1990); 37, 38 (Edafólogos Consultores SA, 1981).

**Cuadro 5.14** Color y moteado en húmedo, textura, estructura y otras características de horizontes seleccionados de suelos de altiplanicies.

Perf	Horiz	Prof cm	Color	Moteado	Tex	Estr	Otras características
32	A	0-20	10YR5/6	-	Fa	Gs	-
32	E	20-52	7.5YR6/8	-	Fa	Gs	-
32	B	94-134	7.5YR5/8	-	FAa	B1m	-
33	A	0-6	7.5YR3/2	-	a	G1m	-
33	E	70-160	5YR4/8	-	aF	Gs	-
33	B	+160	5YR4/6	N7/0, 2.5Y5/4	FAa	M	-
34	A	0-90	2.5YR4/6	-	aF	Gs	-
34	C	90-160	2.5YR4/6	-	aF	Gs	-
35	A	0-14	7.5YR3/2	-	F	B1m	-
35	B	37-66	10YR5/3	-	FA	B1m	-
35	Bv	120-152	10YR7/3	2.5YR4/8	Aa	P1m	Plintita
36	A	0-22	10YR3/3	-	FAa	Gs	Abundante granzón
36	B	48-76	2.5YR5/8	-	A	M	Abundante granzón
36	Bv	94-126	10YR7/4	10R3/6	A	M	Abundante granzón, plintita
37	A	0-5	10YR3/2	-	a	B1f	-
37	BA	39-58	10YR7/4	-	aF	M	-
37	B	80-135	10YR6/8	5YR6/6, 10R4/8	Fa	M	Plintita.*
38	A	0-8	10YR5/2	-	FL	B1m	-
38	BA	38-85	10YR6/4	10YR5/8	FL	B2m	-
38	Bv	85-134	10YR6/1	10R4/8	FAL	B2g	Plintita.**

Texturas: a = arena, aF = areno francosa, Fa = franco larenosa, F franca, FL = franco limosa, FAa = franco arcillo arenosa, FA = franco arcillosa, FAL = franco arcillo limosa, Aa = arcillo arenosa, AL = arcillo limosa, A = arcillosa

Estructura: B = blocosa, P = prismática, G = granular, L = laminar, M = maciza, Gs = grano simple; 1 = débil, 2 = moderada, 3 = fuerte; mf = muy fina, f = fina, m = media, g = gruesa, mg = muy gruesa.

\*Coraza ferruginosa a 168 cm (tope del Pleistoceno inferior), \*\* Capa dominada por nódulos ferruginosos de 170-280 cm (tope del Pleistoceno inferior).

**Cuadro 5.15.** Análisis de horizontes seleccionados de suelos de altiplanicies.

Perfil	Prof cm	A %	L %	a %	MO %	pH	CE dSm <sup>-1</sup>	cmol(+)kg <sup>-1</sup> de suelo				
								Ca	Mg	K	Na	CIC
32	0-20	11	8	81	0,8	4,9	-	0,3	0,2	t	0,1	1,9*
32	20-52	15	10	75	0,5	5,2	-	0,3	0,2	t	0,1	2,1*
32	94-134	27	10	63	0,3	5,6	-	0,4	0,3	t	0,2	3,5*
33	0-6	3	3	94	0,4	5,9	<0,1	0,4	0,4	t	t	1,8*
33	70-110	9	6	85	0,1	5,8	<0,1	0,2	0,1	t	t	1,2*
33	+160	26	8	66	<0,05	5,9	<0,1	0,4	0,1	t	t	2,5*
34	0-90	11	7	82	0,1	5,0	-	0,2	0,1	t	t	1,2*
34	90-160	11	7	82	<0,05	5,1	-	0,3	0,1	t	t	1,4*
35	0-14	21	28	51	1,2	4,6	0,3	0,4	0,1	t	0,3	8,4*
35	37-66	34	21	45	0,6	4,8	0,1	0,1	t	t	t	4,3*
35	120-152	37	19	44	0,4	5,1	0,1	0,1	t	t	t	4,5*
36	0-22	32	22	46	2,8	4,5	<0,1	0,7	0,2	t	0,1	10,2
36	48-76	55	20	25	1,0	4,7	<0,1	0,2	0,1	t	0,1	9,6
36	94-126	57	22	21	0,6	5,4	0,2	0,1	0,1	t	0,1	9,1
37	0-5	3	9	88	0,7	5,4	<0,1	0,3	t	t	0,1	1,6
37	39-58	4	13	83	0,4	5,5	<0,1	0,2	t	t	0,1	1,5
37	80-135	9	19	72	<0,05	5,2	<0,1	0,2	t	t	0,2	1,2
38	0-8	3	71	26	1,6	4,7	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	4,7
38	38-85	17	63	20	0,2	5,2	<0,1	0,2	t	0,1	0,2	4,9
38	85-134	36	47	17	0,3	5,0	<0,1	0,2	t	0,1	0,2	6,5

A = arcilla, L = limo, a = arena, MO = materia orgánica, pH en pasta saturada o en relación suelo : agua 1:1, CE = conductividad eléctrica en el extracto de saturación, CIC = capacidad de intercambio catiónico por suma de bases intercambiables (Ca, Mg, Na, K) extraídas con acetato de amonio más acidez extraíble con solución de cloruro de bario trietanolamina pH 8,2.

\*CIC por acetato de amonio, t <0,05 cmol (+)kg<sup>-1</sup>.



**Cuadro 5.16.** Geomorfología, drenaje, clasificación taxonómica (Soil Survey Staff, 1999), vegetación y uso de la tierra de perfiles de suelos del paisaje colinar y de altiplanicies de denudación

Perfil	Geomorfología, lugar, pendiente	Drenaje	Clasif. taxon.	Vegetación o uso
39	Cima de loma baja, Guárico. 6 %	Bueno	Typic Haplustalf	Cultivos, originalmente bosque bajo deciduo
40	Altiplanicie de denudación, Guárico. 1-3 %	Bueno	Vertic Haplustalf	Sabana arbolada
41	Altiplanicie de denudación, Guárico. 1-3 %	Bueno	Ultic Haplustalf	Pastizales extensivos
42	Colinas bajas, Guárico. 1-2 %	Moderadamente bueno	Sodic Haplustert	Sorgo, originalmente bosque bajo deciduo

Fuente: Perfiles 39 (Madero y Torres, 1994); 40, 41 (PINT, 1990); 42 (Schargel, R. y P. Marvez, datos no publicados).

**Cuadro 5.17.** Color y moteado en húmedo, textura, estructura y otras características de suelos del paisaje colinar y de altiplanicies de denudación.

Perf	Horiz	Prof cm	Color	Moteado	Tex	Estr	Otras características
39	Ap	0-11	5YR3/2	-	FA	B3f	-
39	Bt	21-52	5YR4/6	-	AL	B3f	-
39	Ck	74-104	2.5Y5/4	-	FL	B3f	Reacción violenta con HCl
40	Ap	0-11	10YR4/3	-	F	B3m	-
40	Bt	11-26	10YR5/6	-	FA	B3m	-
40	Bt	42-65	2.5YR4/4	-	A	B2f	Stickensides
41	A	0-10	10YR4/3	-	Fa	B2m	-
41	Bt	10-22	7.5YR4/4	-	FAa	B2m	-
41	Bt	50-63	10YR6/6	2.5YR5/8	A	B1m	-
41	C	80-110	-	-	-	-	Fragmentos de roca > 70 %
42	A	0-12	10YR3/4	-	A	B1mg	-
42	Bw	12-33	10YR4/4	-	A	B2g	-
42	Bw	33-124	10YR5/6	-	A	B3g*	Slickensides 2.5Y5/4
42	C	124-180	10YR5/6	2.5YR4/6	A	M	**

Texturas: a = arena, aF = areno francosa, Fa = franco larenosa, F franca, FL = franco limosa, FAa = franco arcillo arenosa, FA = franco arcillosa, FAL = franco arcillo limosa, Aa = arcillo arenosa, AL = arcillo limosa, A = arcillosa

Estructura: B = blocosa, P = prismática, G = granular, L = laminar, M = maciza, Gs = grano simple; 1 = débil, 2 = moderada, 3 = fuerte; mf = muy fina, f = fina, m = media, g = gruesa, mg = muy gruesa.

\* Agregados en forma de cuña delimitados por Slickensides, \*\* Lutita alterada con inclusiones de carbonato de calcio y cristales de yeso.

**Cuadro 5.18.** Análisis de horizontes seleccionados de suelos del paisaje colinar y de altiplanicies de denudación.

Perfil	Prof cm	A %	L %	a %	MO %	pH	CE dSm <sup>-1</sup>	cmol(+)kg <sup>-1</sup> de suelo				
								Ca	Mg	K	Na	CIC
39	0-11	35	43	22	2,7	5,9	0,3	9,2	3,0	0,2	,02	17,1
39	21-52	48	47	5	0,7	6,4	0,2	8,7	3,2	0,1	0,2	15,3
39	74-104	25	55	20	0,5	7,6	0,3	21,8*	2,8	0,1	0,1	24,8*
40	0-11	23	31	46	2,6	4,5	0,6	2,7	4,2	0,3	0,5	15,3
40	11-26	36	30	34	1,5	4,9	0,3	2,6	4,9	0,3	0,6	16,6
40	42-65	47	30	23	0,5	5,6	3,5	2,6	11,2	0,2	0,8	18,1
41	0-10	15	16	69	1,7	5,2	0,4	3,1	2,0	0,2	0,1	10,1
41	10-22	28	22	50	1,2	5,6	0,2	4,3	4,2	0,2	0,1	15,2
41	50-63	41	19	40	1,2	5,9	0,3	4,0	4,2	0,1	0,1	15,6
41	80-110	34	19	47	0,7	5,8	0,2	3,2	3,0	0,1	0,1	11,2
42	0-12	54	34	12	2,9	5,8	0,1**	7,3	6,0	2,2	0,5	30,2
42	12-33	69	22	9	0,5	6,2	0,1**	3,9	6,7	0,1	1,7	24,0
42	33-78	67	24	9	0,3	6,7	0,1**	3,9	7,1	0,1	2,5	22,1
42	78-100	64	29	7	0,2	7,1	0,1**	3,9	7,0	0,1	6,0	21,6

A = arcilla, L = limo, a = arena, MO = materia orgánica, pH en pasta saturada o en relación suelo : agua 1:1, CE = conductividad eléctrica en el extracto de saturación, CIC = capacidad de intercambio catiónico por suma de bases intercambiables (Ca, Mg, Na, K) extraídas con acetato de amonio más acidez extraíble con solución de cloruro de bario trietanolamina pH 8,2.

\*Valor alto por presencia de carbonatos de calcio, \*\*CE en extracto suelo-agua 1:2, t <0,05 cmol (+)kg<sup>-1</sup> .



# ASOCIACIONES DE SUBORDENES DE SUELOS EN EL MAPA DE PAISAJES GEOMORFOLÓGICOS

## PLANICIES ALUVIALES

### **Planicies aluviales actuales**

- A1 – Udepts y Aquepts
- A2 – Aquepts y Ustepts
- A3 – Aquepts y Aquents
- A4 – Ustepts, Aquepts y Ustolls
- A5 – Aquents y Aquepts

### **Planicies aluviales recientes y actuales**

- RA1 – Aquerts, Ustalfs, Aquepts, Ustepts y Aqualfs
- RA2 – Aqualfs, Udalfs, Aquepts y Udepts
- RA3 – Aquepts, Ustepts, Ustolls, Aquerts, y Ustalfs
- RA4 – Aquepts, Aquerts, Aqualfs, Ustepts y Ustalfs
- RA5 – Ustalfs, Aqualfs, Ustolls, Ustepts y Aquepts
- RA6 – Ustalfs, Aqualfs, Ustepts, Aquepts, Aquerts y Ustolls
- RA7 – Aquepts, Psamments y Orthents
- R1 – Aqualfs, Aquerts y Ustalfs
- R2 – Aquepts, Aquults

### **Planicies aluviales del Pleistoceno**

- P1 – Ustalfs y Aqualfs
- P2 – Udults
- P3 – Aquults
- P4 – Aquults
- P5 – Aqualfs
- P6 – Aquults y Ustults
- P7 – Ustults y Aquults

### **Planicie del Pleistoceno con médanos**

- PM – Aquults y Psamments

### **Planicie del Pleistoceno con corazas ferruginosas**

- PC – Ustults, Aquults, corazas ferruginosas y Psamments

## **PLANICIES EÓLICAS**

### **Planicies eólicas con médanos**

M1 – Psamments y Aquults

M2 – Psamments y Aquults (parcialmente inundada por desborde los río Orinoco)

### **Planicie eólica limosa**

L – Aquults, Aquepts, Aquoxs y Ustox

## **ALTIPLANICIES**

### **Altiplanicie poco disectada de los Llanos Orientales**

AP1 – Ustults, Psamments y Ustox

### **Altiplanicie disectada de los Llanos Orientales**

AP2 – Ustults, Orthents, Psamments y tierra de cárcavas

### **Altiplanicie disectada y escarpada de los Llanos Orientales**

AP3 – Tierra de cárcavas, Orthents, Ustults, Ustalfs y Ustepts

### **Altiplanicie disectada de los Llanos Centrales**

AP4 – Ustults, Aquults y Ustepts

### **Altiplanicie disectada de los Llanos Centro – Occidentales**

AP5 – Ustults, Ustalfs, Usterts y Ustepts

### **Altiplanicie de Apure meridional**

AE – Ustults, Ustox, Aquults y Aquox

## **PAISAJES COLINARES**

### **Colinas sobre rocas metamórficas e ígneas**

C0 – Orthents, Ustalfs, Ustults y Ustepts

### **Colinas con coberturas del Cuaternario**

C1 – Ustults y Ustepts

C2 – Corazas ferruginosas, Orthents, Psamments y Ustults

C3 – Ustults, Orthents y Ustepts

C4 – Ustults, Ustepts, Psamments y Orthents

**Colinas sobre rocas sedimentarias del Terciario**

C5 – Usterts, Ustalfs, Aquerts, Ustepts y Ustults

C6 – Usterts, Ustalfs, Ustepts y Ustults

## Apéndice Capítulo 13





## APENDICE

ENCUESTA USADA PARA DETECTAR LA DEMANDA TECNOLÓGICA  
EN MAIZ, ARROZ Y PASTO EN EL ESTADO PORTUGUESA

ENCUESTA DE DEMANDA  
DE TECNOLOGÍA

### IDENTIFICACION DEL INFORMANTE

NOMBRE:

CARGO:

RUBRO:

ALCANCE GEOGRAFICO:

*II. Componentes del factor semilla que inciden en la producción y  
productividad del cultivo y causa que la origina.*

Instrucciones:

1ª. Pregunta: Identifique los tres (3) componentes tecnológicos más importantes utilizando el número 3 para el más importante y así sucesivamente hasta el 1 para el de menor impacto. Los componentes se refieren a cada uno de los recuadros contenidos en esta sección. Coloque el número indicado por el informante en el recuadro superior que encabeza cada componente.

2ª. Pregunta: Para cada una de los componentes seleccionados indique con una X (equis) la causa de la incidencia del componente en la casilla correspondiente.

Comentarios.




Calidad	
Causa	Marque e (X)
Germinación	
Impurezas	
Malezas	
Sanidad	
Uniformidad	

COMERCIALIZACIÓN	
Causa	Marque (X)
Precios	
Localización	
Oportunidad	
Diversidad	
Número de Proveedores	

ASPECTOS AGRONÓMICOS	
Causa	Marque e (X)
Rendimientos	
Suceptibilidad a Plagas	
Suceptibilidad a Enfermedades	
Características Agronómicas	
Características del producto	

<b>PRODUCCIÓN Y Almacenamiento</b>	
Causa	Marqu e (X)
Sistema y cond. De prod. en campo	
Supervisión y Certificación	
Sistema de Procesamiento	
Sistema de Almacenamiento	

<b>OTRA:</b>	
Causa	Marqu e (X)

**ENCUESTA DE DEMANDA  
DE TECNOLOGÍA**

<b>SISTEMA DE LABRANZA</b> (Preparación de suelos)		<b>TÉCNICAS Y PRÁCTICAS</b> Conservacionistas		<b>RIEGO</b>	
Causa	Marque (X)	Causa	Marque (X)	Causa	Marque (X)
Adecuación de Maquinarias y Equipos de labranza		Selección de Suelos y localiz. De cultivos		Disminución de las Fuentes de agua y Calidad del agua	
Conocim. e inform. Métodos Labranza convencionales		Conoc/inf prácticas Para controlar Escorrentía/erosión		Conoc/información inventario de recursos y condic.	
Conocim. e inform. Métodos labranza Conservacionista		Conoc/inf prácticas Para conservar la Fertilidad		Conoc/Información Métodos de extrac y selec de bombas	
Disponib/mercadeo Maq. y equipos Labranza Conservac.		Apoyo Técnico/financiero		Conoc/información métodos de riego	
Calidad de maquinaria y equipos		Costos de las Prácticas		Conoc/información manejo del sistema de riego	
Precios de maquinaria y equipos		Conoc/inf sobre Métodos de deforestación		Disponib/mercadeo equipos y servicios	
Costo de los servicios				Precios y Calidad de equipos y serv.	
				Apoyo Financiero	

<b>DRENAJE</b>		<b>OTRO</b>	
Causa	Marque (X)	Causa	Marque (X)
Conoc/Información Inventario de Recursos y condic.			
Conoc/Información selección y diseño de sistemas			
Apoyo Técnico- financiero para la Construcción			
Conoc/información manejo del sistema de drenaje			
Precios y calidad de equipos y servicios			
Disponib/mercadeo equipos y servicios			

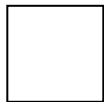
## ENCUESTA DE DEMANDA DE TECNOLOGÍA





Fertilizantes Convencionales		Fuentes alternas (Roca Fosfática, escorias)		Productos de enmienda (Cal agrícola)		Mezclas granuladas	
Causa	Marque (X)	Causa	Marque (X)	Causa	Marque (X)	Causa	Marque (X)
Adecuación de las fórmulas a la demanda		Grado de Solubilidad		Grado de Solubilidad		Segregación	
Relación formulación/ Contenido real		Granulometría		Granulometría		Disponibilidad de los fertilizantes simples	
Estabilidad y Granulometría del producto		Disponibilidad – mercadeo		Disponibilidad y mercadeo		Calidad de los fertilizantes simples	
Disponibilidad de nutrientes en el tiempo		Técnicas y métodos de Aplicación		Técnicas y métodos de aplicación		Precios de los insumos	
Calidad de los Sacos		Disponibilidad y adecuación de		Disponibilidad y		Costo del mezclado	

		equipos		adecuación de equipos			
Precios del Insumo		Precios de equipos		Precios de equipos		Disponib/ade- Cuación de equipos	
Técnicas y Métodos de Aplicación		Precios de insumos		Precios de insumos		Disponibilid ad de plantas	
Precios y calidad de Equipos						Precios de equipos	
						Técnicas y métodos de aplicación	



Abono orgánico		Abono foliar		Apoyo técnico a los productores	
Causa	Marque (X)	Causa	Marque (X)	Causa	Marque (X)
Disponibilidad y mercadeo de insumos		Adecuación de las fórmulas a la demanda		Muestreo de suelos y plantas	
Disponibilidad y mercadeo de abono		Correspondencia entre formulación y		Calidad y oportunidad. Análisis de Suelos	



		contenido real			
Precio		Técnicas y métodos de aplicación		Pruebas de fertiliz. en campo	
Técnicas y métodos de aplicación		Precios del producto		Programas fertiliz. (Recomendaciones)	
Técnicas y métodos de producción		Disponibilidad y adec/equipos		Costos de los servicios	
Propagación de plagas y enfermedades		Costos de los equipos		Disponibilidad de laboratorios	
Precios		Costo de la aplicación		Asesoram. en equipos (Adquisición y uso)	
				Asesoram. en Almacenam.	
				Aspectos económicos	

## ENCUESTA DE DEMANDA DE TECNOLOGÍA

¡SOLO PARA CULTIVOS PERMANENTES!

Selección y manejo semilla, yemas y Mat vegetal	
Causa	Marque (X)
Tecnología de Selec. en campo	
Tecnología de Benef-secado	
Tecnología de Almac-Conser	
Disponib de Recursos hum.	
Disponib y calidad del material básico	
Téc de cultivo de tejido y microprop.	

Germinadores y viveros	
Causa	Marque (X)
Inf-conoc época establec y selección de sitio	
Dispob-Costo de los materiales e insumos	
Costo de Construcción	
Manejo agronómico	
Técnicas de propagación	
Disponib-Costo de recursos humanos especializados	
Inf de la dimensión del mercado de plantas	

<b>POTENCIAL GENÉTICO (CULTIVAR-PATRÓN)</b>	
Causa	Marque (X)
Rendimientos	
Susceptibilidad a plagas	
Susceptibilidad a enfermedades	
Características Agronómicas	
Caract y calidad Prod comercial	
Infraestructura de apoyo (Banco de Germoplasma)	
Técnicas y métodos de mejoramiento genético	

Calidad del material para la siembra	
Causa	Marque (X)
Presencia de plagas	
Presencia de enfermedades	
Presencia de malezas	
Uniformidad del material	
Garantía y pureza del cultivar	

Comercialización de las plantas	
Causa	Marque (X)
Precios	
Localización	
Oportunidad	
Diversidad	
Número de Proveedores	
Disponib (nivel de la oferta)	

<b>OTRA:</b>	
Causa	Marque (X)

**ENCUESTA DE DEMANDA  
DE TECNOLOGÍA**

Selección del cultivar	
Causa	Marque (X)
Inform Climática (Requer cult y caract de la zona)	
Inform edática (Requer cultv y Caract de la zona)	
Inform sobre plagas y enferm (suscept y resist)	
Información de plagas, enferm y malezas en la zona	
Inform de la demanda y caract del cultivar	
Infor rend potencial y caract agronómicas	
Disponibilidad/ mercadeo y precios	

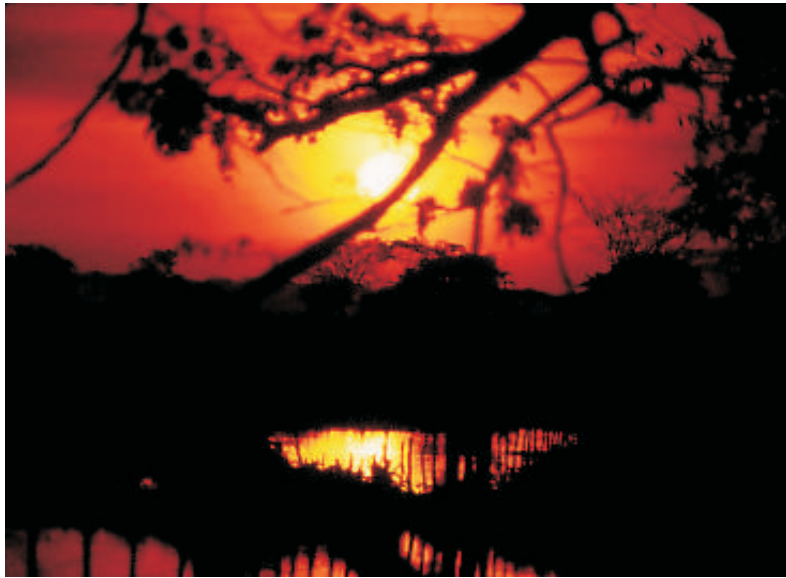
Epoca de siembra y plantación	
Causa	Marque (X)
Información climática	
Disponib de servicios y M.O.	
Asistencia técnica	
Costos de los Servicios y M.O.	
Incid y monitoreo de plagas y enf	
Oportunidad del crédito	
Oportunidad de insumos	
Estacionalidad de la demanda	

<b>MÉTODO DE SIEMBRA (VOLEO, HILERAS, TRESB cuadrícula, etc)</b>	
Causa	Marque (X)
Inform densidad y profundidad	
Inform y conocim trazado	
Inf. conoc y asistencia técnica método óptimo	
Disponibilidad y adec de equipos	
Disponibilidad de M.O. especializada	
Costo de equipos	
Costos de M.O.	

<b>SISTEMA DE SIEMBRA-CULTIVO</b>	
Causa	Marque (X)
Inf.conocim-asistencia técnica sobre el sistema convencional	
Inf-conocimiento-Asistencia Técnica sobre sistemas especiales (bancales, min labranza, Zanjas, contornos, plena exposición solar)	
Disponibilidad y mercadeo de equipos y servicios	
Disponibilidad de mano de obra especializada	
Disponibilidad y adecuación de cultivares al mejor sistema	
Precios y calidad de los servicios y equipos	
Apoyo financiero	

<b>OTRA:</b>	
Causa	Por qué?

# **Fotografías de Los Llanos venezolanos**



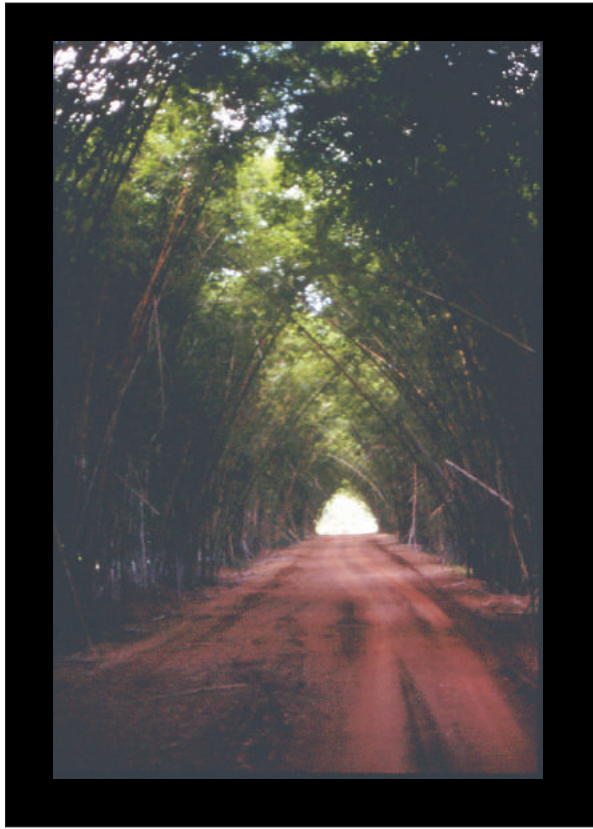




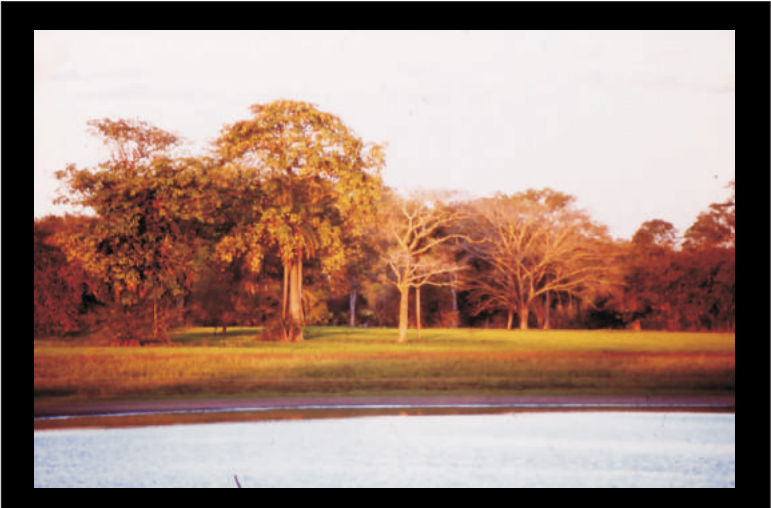












**LISTA DE AUTORES CITADOS:**  
**Primer autor, año de publicación y capítulos donde se encuentra citado**

Abbadie, L. (1996)	Pres.	Ayarza, M. (1993)	Cap 7
Ab'Saber, A. N. (1982)	Cap 2	Ayarzagueana, J. (1983)	Cap 3
Accuweather.com	Cap 4	Aymard, G. 1997. (1989)	Cap 2
Acedo, M.C. (1971)	Cap 10	Azuaje, P. (1986)	Cap 8
Acevedo, M. (1991)	Cap13	Balabane, M. (1996)	Cap 7
Adams, M.J. (1981)	Cap 8	Balabane, M. (1995)	Cap 7
Addiscott, T.M. (1996)	Cap 7	Barraclough, D. (1998)	Cap 7
Addiscott, T.M. (1985)	Cap 7	Barrios, R. (1997)	Cap 8
AGROPLAN. (1992)	Cap13	Beard, J. S. (1955. 1946)	Cap 2
Agroplan. (1996)	Cap 10	Behling, H. (1998)	Cap 2
Aguilar, C. (1993)	Cap 9	Belo, F. (1976)	Cap 12
Albou, P. (1986-87)	Cap 12	Bernal, J. (1972)	Cap 10
Alvarez, L. (1993)	Cap 11	Berrio, T. (1995)	Cap 8
Alvarez de H. L. (1997)	Cap 12	Berrotarán, J. L. (1988)	Cap 5
Alvarez de H. L.(1998)	Cap 12	Berrotarán, J. L. (1998, 1988,1985)	Cap 2
Alvarez L. (1997b)	Cap 11	Bevilacqua, M. (1994)	Cap 2
Alvarez, L. (1985)	Cap 11	Bisbal, F. (1988)	Cap 3
Alvarez, L. (1982)	Cap 11	Bjarnason, J. (1988)	Cap 7
Alvarez, L. (1988)	Cap 11	Blackmer, A.M. (1995)	Cap 7
Alvarez, L. (1992 <sup>a</sup> )	Cap 11	Blondel, D. (1971)	Cap 7
Alvarez, L. (1992b)	Cap 11	Blydenstein, J. (1962, 1963,1967)	Cap 2
Alvarez, L. (1997 <sup>a</sup> )	Cap 11	Bock, B.R (1994)	Cap 7
Alvarez, L. (1999 a)	Cap 11	Boom, B. M. (1990)	Cap 2
Alvarez, L. (1999 b)	Cap 11	Botero, P. J. (1992)	Cap 5
Alvarez, L. (2000)	Cap 11	Boulière, F. (1989)	Cap 3
Amato, M. (1980).	Cap 7	Bouwmeester, R.J.B. (1985)	Cap 7
Amin Samir, (1972)	Cap 12	Bravo, C. (1993)	Cap 8
Amoozegar-Fard, A. (1983)	Cap 7	Bravo, C. (1995)	Cap 8
Anderson, J.P.E. (1980)	Cap 7	Bravo, O. (1973)	Cap 5
Andren, O. (1996)	Cap 8	Bravo, S. (1984)	Cap 6
Apotheloz, D. (1986)	Cap 12	Bravo, S. 2000.	Cap 6
Arandia, R. (1988)	Cap 10	Brinkman, R. (1979)	Cap 5
Aranguren, J. (1982)	Cap7	Brisson, N. (1998)	Cap 7
Arcaya, P. M. (1916)	Cap 2	Brito, P. G. (1983)	Cap 8
Arends, E. (1993)	Cap 2	Brito, P. J. (1980)	Cap 5
Arias, L. (1993)	Cap 10	Broadbent, F.E (1986)	Cap 7
Aristeguieta, L. (1968a.1968b.1966)	Cap 2	Buysse, J. (1996)	Cap 7
Arora, R.P. (1980)	Cap 7	Cabelguenne, M. (1986)	Cap 7
Arrieta, P. (1995)	Cap 10	Cambardella, C.A, (1994)	Cap 7
Arvanitis, R. (1996)	Cap 12	Carrillo de Cori, C. (1980)	Cap 8
Arvanitis R. (1996)	Cap 8	Carrillo de Cori, C.E. (1989)	Cap 8
Atlan, H. (1980)	Cap 12	Carrillo de Cori, E. (1988)	Cap 8
Avilan-Rovira, J. (1986)	Pres.	Carter, M.R., (1984)	Cap 7

Casanova, E. (1982)	Cap 8	Dager, M. (1995)	Cap 8
Casanova, E. (1991)	Cap 8	Dalal, R.C. (1977)	Cap 7
Casanova, E. (1982)	Cap 10	Damuth, J. E. (1970)	Cap 5
Casanova, E. (1993)	Cap 9	Darrah, P.R. (1991)	Cap 7
Casanova, E. (1996)	Cap 9	Daugherty, L. A. (1975)	Cap 5
Casanova, E. (1999)	Cap 9	Davidson, E.A. (1990)	Cap 7
Casanova-Olivo, E. (1991)	Cap 7	Davidson, E.A. (1991)	Cap 7
Castillo, J.A. (1989)	Cap 6	Davis, S. D. (1997)	Cap 2
Castillo, A. (1977)	Cap 2	de Manzione, N. (1998)	Cap 3
Castillo, F. (1974)	Cap 5	de Civrieux, M. (1974)	Cap 1
Castroviejo, S. (1985)	Cap 2	De Groot, C.J. (1994)	Cap 7
Ceballos, G. (1995)	Cap 2	de Willigen, (1991)	Cap 7
Centeno, S. (1995)	Cap 8	Delascio, F. (1995,1990)	Cap 2
Chacón, B. (1995)	Cap 8	Delgado F. (1997)	Cap 8
Chacón, E. (1995)	Cap 8	Delgado R. (1988)	Cap 8
Chacón, E. (1995)	Cap 8	Delgado R. (1988)	Cap 7
Chang, S.G. (1957)	Cap 7	Delgado R. (1998)	Cap 8
Chapuis Lardy, L. (1997)	Cap 7	Delvalle T.(1993)	Cap 8
Chartres, C.J. (1998)	Cap 6	Demeyer P. (1995)	Cap 7
Chaussod, R. (1992)	Cap 8	Díaz A. (1997)	Cap 8
Cimegotto, D. (1987)	Cap 8	Díaz A.(1995)	Cap 8
Clarholm, M. (1985)	Cap 7	Díaz de Gamero, M. L. (1996)	Cap 5
Codazzi, A. (1841)	Cap 2	Díaz, N. (2.000)	Cap 10
Colinvaux, P. (1993)	Cap 5	Doise, W. (1990)	Cap 12
Collins, H.P. (1992)	Cap 7	Donahue, R.L. (1983)	Cap 6
Colmenares, E. (1974)	Cap 5	Doran J.W. (1994)	Cap 7
Colonnello, G. (1990, 1986)	Cap 2	Doran J.W. (1998)	Cap 7
Cols, M. (1996)	Cap 10	Dumith, D. A. (1973)	Cap 5
Comerma, J. A. (1971)	Cap 5	Duxbury J.M. (1994)	Cap 7
Comerma, J. A. (1976)	Cap 5	Edafólogos Consultores S. A. (1981)	Cap 5
Comerma, J. A. (1970)	Cap 5	Espinoza F. (1996)	Pres.
Comerma, J. (1990)	Cap 11	Eswaran H. (1992)	Cap 7
Comerma, J.A. (1971)	Cap 6	Ewel, J.J. (1976)	Cap 2
Comerma, J.A. (1977)	Cap 6	Falcon R. (1992)	Cap 8
Condit, R. (1996)	Cap 5	Falcón, R. (2000)	Cap 4
Cooke, G.W. (1986)	Cap 7	Falcón, R. (1990)	Cap 4
Cooke, G.W. (1986)	Pres.	Fallavier P. (1995)	Cap 7
COPLANARH. (1969)	Cap 5	FAO. (1981)	Cap 10
COPLANARH. (1974a)	Cap 5	FAO-PNUMA-UNESCO. (1980)	Cap 6
COPLANARH. (1974b)	Cap 5	Fardeau J.C. (1968)	Cap 7
COPLANARH. (1974c)	Cap 5	Fardeau J.C. (1993)	Cap 7
CORDIPLAN. (1994)	Cap 9	Fardeau J.C. y Jappe J. (1976).	Cap 7
Cortés, A. (1978)	Cap 6	Fardeau J.C. (1984)	Cap 7
Cortéz-Lombana, A. (1981)	Cap 2	Fassbender H.W. (1993)	Cap 7
Cuello, N. (1989)	Cap 2	Fayard Ch. (1990)	Cap 8
Cunil Grau, P. (1987)	Cap 1	Feller C. (1993)	Cap 7

Ferguson, A. (1990)	Cap 3	Hansen, J.W. (1994)	Cap 11
Ferguson R.B. (1984)	Cap 7	Haridasan M. (1982)	Cap 7
Finol. H. (1980, 1976, 1971, 1969,1964)	Cap 2	Hart P.B.S, (1986)	Cap 7
Florentino de Andreu, A. (1989)	Cap 8	Hase, H, (1982)	Cap 2
Foucault M. (1975),2 12	Cap 2	Hassink J. (1994)	Cap 7
Fuentes-Figueroa R. (1957)	Cap 1	Hassink J. (1995)	Cap 7
Fulhorst, C. F. (1999)	Cap 3	Haygarth P.M. (1999)	Cap 7
FUNDACION POLAR. (1988)	Cap 1	Hébert J. (1984)	Pres.
Gabrielle B. (1996)	Cap 7	Henderson, A. (1997. 1995)	Cap 2
Gabriels, D. (1998)	Cap 6	Hernández M. (1992)	Cap 8
GACETA OFICIAL. (1990)	Cap 9	Hernández W. (1998)	Cap 8
Gallardo de Maldonado H. (1991)	Cap 8	Hernández, C. (1994)	Cap 2
García A. (1978)	Cap 12	Herrera, R. (1971)	Cap 5
García-Miragaya, J. (1990)	Cap 5	Herrera, R. (1974)	Cap 5
Gaudin R., D. J. (1999).	Cap 7	Hervé D. (1994)	Cap 7
Gaunt J.L. (1998)	Cap 7	Hétier J.M. (1989)	Cap 8
Gentry, A. (1995. 1982a. 1982b)	Cap 2	Hétier J.M. (1997)	Cap 8
Geypens M. (1996)	Cap 7	Hetier, J. M. (1993)	Cap 4
Ghiglione, R. (1990)	Cap 12	Hinsinger P. (1998)	Cap 7
Giller P. (1984)	Cap 3	Hoffland E. (1992)	Cap 7
Goedert W.J. (1986)	Cap 7	Holdridge, L.R. (1967)	Cap 2
Golley F.B. (1978)	Cap 7	Hoogesteijn, R. (1992)	Cap 3
Gómez M. (1986)	Cap 8	Huang, C.H. ( 1992)	Cap 6
Gomez, J. (1991)	Cap13	Huber, O.(1998)	Cap 2
González de Juana, C. (1980)	Cap 5	Hueck, K. (1978.1960.1959)	Cap 2
González R.T. (1981)	Cap 8	Humboldt, A. von. (1818-19)	Cap 2
González, V. (1987,1985)	Cap 2	Humbolt, A. (1941)	Cap 5
González, V. (1987)	Cap 3	Huntley, B.J. (1982)	Pres.
González, V. (1987)	Cap 5	Hylander, L.D. (1999)	Cap 7
González, V. C. (1987)	Cap 4	Ibáñez, C. (1981)	Cap 3
González-Jiménez, E (1995)	Cap 3	IGAC. (1983)	Cap 5
González-Vale, M. A. (1945)	Cap 2	IRRI. (1990)	Cap 11
Goosen, D. (1964)	Cap 5	Jahn, A. (1921)	Cap 2
Goosen. D. (1971)	Cap 5	Janssen, B.H. (1996)	Cap 7
Graham, A. (1995)	Cap 2	Jansson, S.L. (1958)	Cap 7
Granai G. (1964)	Cap 12	Janzen, D. H. (1988a. 1988b)	Cap 2
Green J. R. (1996)	Cap 12	Jenkinson, D.S. (1977)	Cap 7
Greenland D.J. (1992)	Cap 7	Jiménez, R. J. (1998)	Cap 8
Grize J.B. (1990)	Cap 12	Jodelet, D. (1991)	Cap 12
Grize JB. (1987)	Cap 12	Johnston, A. E. (1986)	Cap 7
Grize J.B. (1982)	Cap 12	Jokela, W.E. (1997)	Cap 7
Grize JB., (1991)	Cap 12	Jordan, C. (1982)	Cap 7
Groffman P.M. (1994)	Cap 7	Jungk, A. C. N. (1997)	Cap 7
Guo F. (1998)	Cap 7	Kang, B.T. (1993)	Cap 7
Gutierrez, A. (1991)	Cap13	Kelley, K.R. (1985)	Cap 7
		Kirkham, D.(1954)	Cap 7



Köchl, A. (1984)	Cap 7	Matus, F.J. (1989)	Cap 7
Kropff, M.J. (1995)	Cap 11	Mayerling, S. (1998)	Cap 8
Laborem Escalona, G. (1996)	Cap 7	McGill, W.B. (1975)	Cap 7
Ladd, J.M. (1981)	Cap 7	Meave, J. (1996. 1991)	Cap 2
Ladd, J.N. (1992)	Cap 7	Medina Rubio, A. (1993)	Cap 1
Lal, R. (1984)	Cap 7	Medina, S.A. (1993)	Cap 8
Lal, R. (1998)	Cap 6	Mendoza Sanchez, B. (1998)	Cap 12
Lamprecht, H. (1964. 1992. 1957)	Cap 2	Mendoza Sánchez, B. (1998)	Cap 10
Larreal, M. L. (1975)	Cap 5	Mengel, K. (1984)	Cap 7
Larsen, S. (1967)	Cap 7	Mengel, K. (1987)	Cap 7
Lasser, T. (1969)	Cap 2	Mengel, K. (1998)	Cap 7
Legg, J.O. (1971)	Cap 7	Mercier, V. 1976	Cap 5
Lelong, F. (1984)	Cap 7	Millán, F. (1999)	Cap 7
Lemaire, G. (1996)	Cap 8	Millán, F. (1999)	Cap 8
Lima, H.N. (1993)	Cap 7	Mogollón, L.F. (1977)	Pres.
Lima, L.A. (1993)	Cap 7	Mogollón, L. (1994)	Cap 9
Lobo, D. (1987)	Cap 8	Mogollón, L. F. (1994)	Cap 2
Lobo, D. (1996)	Cap 6	Mogollón, L.F. (1994)	Cap 6
Logan, T. J. (1990)	Cap 6	Molina, J.A.E. (1998)	Cap 7
Loiseau, P. (1994)	Cap 7	Molina, J.A.E. (1994)	Cap 7
López de R. I. (1980)	Cap 8	Monasterio, M. (1976)	Cap 2
López de R. I. (1998)	Cap 8	Mondolfi, E. (1986)	Cap 3
López de Rojas I. (1981a)	Cap 8	Montes, R. (1995. 1987)	Cap 2
López de Rojas.I. (1981b)	Cap 8	MOP (s/f).	Cap 4
Lopez Hernández, D. (1981)	Cap 7	Morales, V.M. (1972)	Cap 8
López, M. (1997)	Cap 8	Morales, F. (1978).	Cap 2
López, M.A. (1993)	Cap 8	Morel, C. (1988)	Cap 7
Lozano, P.Z. (1995)	Cap 8	Morel, C. (1994)	Cap 7
Lozano, Z. (1998)	Cap 8	Morel C. (1997)	Cap 7
Lozano, Z. (1998)	Cap 6	Morel C. (1999)	Cap 7
Lozano, Z. (2000)	Cap 6	Morel C. (1994)	Cap 7
Madero, L. (1998)	Cap 5	Mori, S. A. (1991)	Cap 2
Magdoff, F. (1997)	Cap 7	Moscovici S. (1991)	Cap 12
Malagón, D. (1980)	Cap 5	Mullins, C.E. (1998)	Cap 6
Malagón, D. (1980)	Cap 2	Murphy W.E. (1986)	Cap 7
Maraux, F. (1998)	Cap 7	Nicholaides J.J. (1983)	Pres.
MARNR (1983)	Cap 4	Nimah M.N. (1973)	Cap 7
MARNR (1988)	Cap 4	Norero, A. (1982)	Cap 11
MARNR. (1985,1994,1988)	Cap 2	Núñez U. M.C. B. E. (1998)	Cap 8
MARNR. (1996)	Cap 1	Oberson A. (1997)	Cap 7
Martinez Alier, J. (1994)	Cap 12	Oberson A. (1999)	Cap 7
Martinez, O. (1996)	Cap 13	Ochoa, G. (1983)	Cap 5
Marvéz, P. (1998)	Cap 4	Ochoa, J. (1988)	Cap 3
Mata, A. (1972)	Cap 8	Ojasti, J. (1973)	Cap 3
Mata, A. (1992)	Cap 5	Ojasti, J. (1981)	Cap 3
Matheus, R. (1998)	Cap 8	Ojasti, J. (1987)	Cap 3

Oldeman, L.R. (1998)	Cap 6	Pouyllau, M. (1992)	Cap 1
Omay A. B. (1998)	Cap 7	Prado, D. E. (1993)	Cap 2
Ortíz, R. (1990)	Cap 2	Prance, G. T. (1974)	Cap 2
Pacheco, J. (1980)	Cap 5	Praveen-Kumar, (1998)	Cap 7
Páez M, L. (1989)	Cap 6	PROCIANDINO (1990)	Cap13
Palacios, A. L. (1984)	Cap 8	Quemada, M. (1997)	Cap 7
Palacios, A. (1984)	Cap 10	Quémener, J. (1986)	Cap 7
Pankhurst C.E. (1997)	Cap 7	Quintero Solano, F.O. (1995)	Cap 8
Paredes de Torre G. (1993)	Cap 12	Raes, D. (1983)	Cap 7
Parton W.J. (1989)	Cap 7	Rajan S.S.S. (1996)	Cap 8
PDVSA. (1992)	Cap 4	Ramia, M. (1967)	Cap 3
Pennington, T. D. (1997)	Cap 2	Ramia, M. (1967)	Cap 5
Pérez de Jaquinet M. (1993)	Cap 8	Ramia, M. (1975)	Cap 5
Pérez Greiner G.A. (1995).	Cap 8	Ramia, M. (1978)	Cap 5
Pérez M. J. (1997)	Cap 8	Ramia, M. (1980)	Cap 5
Pérez M. J. (1995)	Cap 8	Ramia, M. (1993)	Cap 4
Pérez Martínez M. J. (1986)	Cap 8	Ramia, M. (1993)	Cap 5
Pérez-Hernández, D. (1998)	Cap 5	Ramírez E. (1995)	Cap 10
Pérez-Materán, J. R. (1980)	Cap 5	Ramírez E. (1995)	Cap 12
Petit, P. M. (1969)	Cap 2	Ramírez Gómez, M. (1995)	Cap 11
Picón, B. (1995)	Cap 12	Ramírez R. (1982)	Cap 8
Pieri, C. (1989)	Cap 7	Ramírez R. (1990)	Cap 8
Pieri, C. (1986)	Cap 7	Ramírez, H. (1997)	Cap 2
Pino, F. (1994)	Cap 8	Ramírez, R. (1984)	Cap 10
PINT. (1978)	Cap 5	Ramo, C. (1983)	Cap 3
PINT. (1979)	Cap 5	Ramo, C.	Cap 3
PINT. (1984)	Cap 5	Ramsay, J. (1989)	Cap 10
PINT. (1985)	Cap 5	Recous S. (1992)	Cap 7
PINT. (1990)	Cap 5	Redmond, E. M. (1994)	Cap 2
Pirela, F. (1997)	Cap 8	Rengel, L. (1983)	Cap 2
Pittier, H. (1948. 1942. 1937. 1920).	Cap 2	Reydellet I. (1997)	Cap 7
Pla, I. (1994)	Cap 7	Ritchie, J.T. (1986)	Cap 11
Pla, I. (1995)	Cap 8	Rivas G. J. (1993)	Cap 8
Pla, I. (1995)	Cap 7	Rivero de Trinca C. (1993)	Cap 7
Pla, I. (1977)	Cap 6	Rivero de Trinca C. (1993)	Cap 8
Pla, I. (1980)	Cap 6	Roa-Morales, P. (1979)	Cap 5
Pla, I. (1974)	Cap 6	Roa-Morales, P. (1981)	Cap 5
Pla, I. (1975)	Cap 6	Robinson, J. (1981)	Cap 3
Pla, I. (1978)	Cap 6	Rodríguez, B. (1991)	Cap 8
Pla, I. (1981)	Cap 6	Rodríguez, B. J. 1988	Cap 10
Pla, I. (1995)	Cap 6	Rodríguez, C. B. (1986)	Cap 8
Pla, I. (1990)	Cap 6	Rodríguez, P.J. (1995)	Cap 8
Pla, I. (1984)	Cap 6	Rodríguez Salazar, T. (1995)	Cap 8
Ponce, M. E. (1994)	Cap 2	Rodríguez, T. M. A. (1997)	Cap 8
Pouyllau, M. (1992)	Pres.	Román Vásquez, D.A. (1990)	Cap 8
Pouyllau, M. (1985)	Cap 5	Romero, A. (1995)	Cap 12

Rondon, A.(1996)	Cap12	Schubert, C. H. (1986)	Cap 5
Rondón de Rodríguez, C.(1995)	Cap 8	Schubert, C. (1994)	Cap 2
Rondón de Rodríguez, C.(1997)	Cap 8	Sebillotte, M. (1995)	Cap12
Rosales, J. (1988)	Cap 2	Segnini de Buroz, D. A. (1993)	Cap 8
Rubin, M G. W. (1984)	Cap 8	Servicio Shell para el agricultor. (1961)	Cap10
Rudran, R. (1979)	Cap 3	Silva, F. R. O. (1973)	Pres.
Runge, M. (1983)	Cap 7	Sing, U. (1990)	Cap 11
Ruselle, M. P. (1983)	Cap 7	Siso Martínez. (1957)	Cap 1
Salas, A. C. E. (1997)	Cap 8	Sisworo, W. H. (1990)	Cap 7
Salas Castillo, A. (1997)	Cap 8	Smith, J.L. (1994)	Cap 7
Salazar, J. V. (1996)	Cap 6	Smith, F. (1952)	Cap 3
Salgado-Labouriau, M.L. (1980)	Cap 2	Smith, R. (1992).	Cap 2
Salto Moncayo, J.A. (1996)	Cap 8	Sobrevilla, P. (1982)	Cap 2
San José, J (1989. 1985. 1983. 1978)	Cap 2	Soil Survey Staff. (1999)	Cap 5
Sánchez, C.F. (1990).	Cap 8	Solórzano, P. P.R. (1997)	Cap 8
Sanchez, P.A. (1989)	Cap 7	Solórzano, P. P.R. (1997)	Cap 7
Sanchez, P.A. (1992)	Cap 7	Solórzano, R. (1999)	Cap 4
Sánchez, C. F. (1990)	Cap 10	Sparks, D.L. (1986)	Cap 7
Sánchez, J. M. (1960)	Cap 2	Stagno, P. (1972)	Cap 5
Sánchez, J. M. (1960)	Cap 4	Stanford, G. (1972)	Cap 7
Sánchez, P.A. (1992)	Cap 6	Steffens, D. (1986)	Cap 7
Sánchez, R. (1990)	Cap 5	Steiner, K.G. (1996)	Cap 6
Sarmiento, G. (1980)	Pres.	Stergios, B. (1998.1996 1993. 1984)	Cap 2
Sarmiento, G. (1980)	Cap 7	Stevens, R.J. (1997)	Cap 7
Sarmiento, G. (1984)	Cap 7	Stevenson, F.C. (1998)	Cap 7
Sarmiento, G. (1984)	Pres.	Stevenson, F. J. (1986)	Cap 7
Sarmiento, G. (1975,1971)	Cap 2	Stewart, B.A. (1963)	Cap 7
Sarmiento, G. (1975)	Cap 4	Stewart, I. E. (1988)	Cap 4
Savant, N.K. S. P. J. (1990)	Cap 7	Steyermark, J.A. (1982. 1979 1968 1978)	Cap2
Saxton, K.E. (1985)	Cap 7	Sumner, M. E. (1998).	Cap 6
Schargel, R. (1990)	Cap 6	Swift, M.J. (1993).	Cap 7
Schargel, R. (1993)	Cap 5	Szabolcs, I. (1989).	Cap 6
Schargel, R. (1995)	Cap 4	Szabolcs, I. (1998)	Cap 6
Schargel, R. (1972)	Cap 4	Takhtajan, A. (1986)	Cap 2
Schargel, R. (1972)	Cap 5	Tamayo, F. (1964)	Pres.
Schargel, R. (1973)	Cap 5	Tamayo, F. (1972. 1956).	Cap 2
Schargel, R. (1978)	Cap 5	Tate III R.L. (1987).	Cap 7
Schargel, R. (1984)	Cap 5	Theng, B.K.G. (1989)	Cap 7
Schargel, R. (1984)	Cap 5	Thompson, K. S. (1993)	Cap 5
Schargel, R. (1993)	Cap 2	Tiessen, H. (1994)	Cap 7
Schargel, R. (1997)	Cap 5	Tinker, P.B. (1984)	Cap 7
Schargel, R. (1980)	Cap 5	Torrealba G.T. (1998)	Cap 8
Schied Lopes, A. (1983)	Cap 7	Torres S. (1993)	Cap 8
Schied Lopes, A. (1983)	Cap 8	Tricart, J. (1985)	Cap 5
Schubert, C. (1987)	Cap 5		
Schubert, C. (1993)	Cap 5		
Schubert, C. (1988)	Cap 5		

Trujillo L. (1995)	Pres.	Vuarin R. (1985)	Cap12
Trujillo, J. (1971)	Cap 5	Westin, F. (1962)	Cap 5
UNELLEZ, (1983)	Cap 4	Witmore A.P. (1991)	Cap 7
UNELLEZ, (1986)	Cap 4	Woomer P.L. (1993)	Cap 7
Uslar Pietri, A. (1986)	Cap 1	Yáñez, J. L. 1985	Cap 5
Utrera, A. (1995)	Cap 3	Zagal E. (1993)	Cap 7
Utrera, A. (2000)	Cap 3	Zapata Hernandez R.D. (1986)	Cap 8
Vaccari, L. (1993)	Cap 1	Zapata R. (1988).	Cap 7
Valerio, T. J. (1981)	Cap 5	Zapata R. (1988)	Cap 8
Vallejo-Torres O. (1993)	Cap 8	Zapata R. (1995)	Cap 7
Vanotti M.B, (1995)	Cap 7	Zérega M. L. (1996)	Cap 8
Vaz, J. E. (1992)	Cap 5	Zinck, A. (1970)	Cap 5
Vaz, J. E. 1989	Cap 5	Zinck, A. (1966)	Cap 5
Veillon, (1997. 1989. 1985.1986		Zinck, A. (1967)	Cap 5
1978. 1976. 1971. 1962)	Cap 2	Zinck, A. (1970)	Cap 4
Vergès P. (1986)	Cap 12	Zinck, A. (1981)	Cap 5
Vidal D. (1983)	Cap 12		
Vidal I. (1985)	Cap 7		
Vila C., (1979)	Cap12		

