

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
SEDE - PALMIRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

FUENTES DE POTENCIA PARA LA AGRICULTURA

Autor

ELKIN ALONSO CORTES M.
Profesor Asociado

1994

UNAL-Medellin



6 4000 00151129 7



I
333.79
C67

PRESENTACION

Este documento recopila aspectos generales sobre la problemática energética mundial, dando énfasis a las energías no convencionales o renovables; algunas de ellas posibles de utilizar en el Sector Agrícola, urgido de nuevos Modelos Tecnológicos.

Difundir estas alternativas caracterizando varios de sus componentes, resulta de suma importancia para los estudiantes de las Facultades de Ciencias Agropecuarias, en consideración de los recientes enfoques de la producción, en términos de aprovechamiento, sostenibilidad y conservación.



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
BIBLIOTECA "MATEO GARCÍA"

392270

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	1
1. CONSUMOS DE ENERGIA Y TECNOLOGIA	5
BIBLIOGRAFIA	28
2. FUENTES DE ENERGIA DE LA TIERRA	30
2.1 Energía Solar	34
2.2 Bioconversión y Aprovechamiento Directo.	48
2.2.1 Fotosíntesis	48
2.2.2 Radiaciones de onda	53
2.2.3 Un Ejemplo de bioconversión	53
2.3 Energía Eólica	62
2.3.1 El comportamiento del viento en un lugar.	68
2.3.2 Determinación de la potencia máxima.	70
2.4 Energía Hidráulica. (Hidroelectricidad).	80
2.5 Energía Geotérmica	84
2.6 Energía Nuclear	89

2.7	Energía Eléctrica	90
2.8	Energía del Aprovechamiento de los residuos orgánicos	104
2.8.1	Disponibilidad de residuos orgánicos	105
2.8.1.1	Recolección de productos vegetales residuales	105
2.8.1.2	Excrementos animales	107
2.8.1.3	Desechos urbanos y aguas negras.	108
2.8.2	Procedimientos de conversión	108
2.8.2.1	Vía seca	112
2.8.2.2	Conversión por vía húmeda	114
2.8.2.2.1	Biogas	117
2.9	Energía Animal	124
2.10	Energía Humana	128
	BIBLIOGRAFIA	136
3.	METODOS DE CONVERSION DE ENERGIA	138
3.1	Convertidores Hidráulicos	151
3.1.1	Norias o ruedas hidráulicas	152

3.1.2	Turbinas hidráulicas	152
3.1.3	Ariete hidráulico	165
3.2	Convertidores Eólicos	167
3.2.1	Clasificación de los aerogeneradores	169
3.2.2	Diseño de un sistema eólico	170
3.2.2.1	Rotores	170
3.2.2.2	Transmisiones	176
3.2.2.3	Generadores	182
3.2.2.4	Controles	182
3.2.2.5	Torres	185
3.2.2.6	Sistemas	185
3.2.2.7	Curvas de duración de velocidad y de potencia	185
3.3	Bioconvertidores	188
3.3.1	Planta gasificadora	190
3.3.2	Plantas de biogas	191
4.	FUENTES DE POTENCIA PARA LA AGRICULTURA	201

4.1	Tipos de fuentes de potencia para uso en la agricultura	201
4.2	Constitución de las máquinas motrices	202
4.2.1	Mecanismos receptores	203
4.2.2	Mecanismos transformadores	203
4.2.3	Mecanismos operadores	203
4.3	Rendimiento en la conversión de energía	204
4.3.1	Ejemplos ilustrativos	206
	BIBLIOGRAFIA	210

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.	Distribución de la energía en las regiones en desarrollo.	12
TABLA 2.	Consumo mundial de energía, periodo 1960-1990	17
TABLA 3.	Consumo mundial de energía por regiones. 1960 - 1990.	18
TABLA 4.	Consumo Mundial de Energía (MTOE), 1987.	19
TABLA 5.	Consumo de energía por Regiones	20
TABLA 6.	Requerimientos de energía para los principales medios de producción	22
TABLA 7.	Requerimientos de energía del Tomate de industria recogido manualmente.	23
TABLA 8.	Requerimientos de Energía del Tomate de Industria con Recolección Mecánica.	24
TABLA 9.	Energía Comercial necesaria para la Producción de Maíz por Métodos Modernos y Tradicionales, con respectivos rendimientos.	25
TABLA 10.	Formas y Usos de la Energía	36

TABLA 11.	Rendimiento fotosintético típico de varios ecosistemas.	51
TABLA 12.	Radiación solar de varios municipios de la Costa Atlántica de Colombia.	66
TABLA 13.	Rendimiento aproximado de diversos generadores eólicos	74
TABLA 14.	Potencia y energía eólica (Altura 10 metros)	77
TABLA 15.	Efectos ambientales generados por la producción de energía eléctrica.	94
TABLA 16.	Potencial de sustitución por usos	102
TABLA 17.	Potencial de sustitución por energético	103
TABLA 18.	Materia sólida (MST) y material orgánico sólidos (MSO) de algunos desechos vegetales y posible producción de biogas.	106
TABLA 19.	Valores y características de algunos materiales orgánicos	107
TABLA 20.	Composición volumétrica de los gases producidos en el gasificador.	116
TABLA 21.	Composición química del biogas	118
TABLA 22.	Rendimientos de algunos combustibles vegetales.	121

TABLA 23. Valor energético del biogas en comparación con otros combustibles.	122
TABLA 24. Características de los gases combustibles en comparación con el biogas.	123
TABLA 25. Potencia de los animales de tiro durante largos períodos : LABRANZA	125
TABLA 26. Fuerza de tiro normal de diversos animales	126
TABLA 27. Ensayos de rendimiento de los bueyes de tiro	127
TABLA 28. Gastos de energía química humana cuando se camina sobre superficies diversas.	134
TABLA 29. Procesos de conversión de energía.	141
TABLA 30. Algunas formas de energía y dispositivos de conversión.	145
TABLA 31. Características de la Norias y de algunas turbinas hidráulicas.	157

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Consumo diario de energía per capita en seis etapas de desarrollo del hombre.	6
Figura 2.	Energía Vs autosuficiencia agrícola	7
Figura 3.	Indice de producción alimentario per capita	8
Figura 4.	Flujo de energía y almacenamiento.	9
Figura 5.	Evolución de los sistemas de producción de varias tecnologías mecanizadas.	10
Figura 6.	Productividad agrícola Vs Potencia instalada	11
Figura 7.	Consumo de energía según fuentes. Escenario Probable.	13
Figura 8.	Consumo mundial de energía	14
Figura 9.	Distribución de la producción de energía de los países OECD	15
Figura 10.	Necesidades de demanda final, que se iniciarán aproximadamente en el año 2030.	16

Figura 11.	Costo Económico de los energéticos	26
Figura 12.	Ahorros potenciales en energía en los programas de emergencia para su conservación, suponiendo 100% de colaboración.	
		27
Figura 13.	Flujos energéticos naturales en la tierra	31
Figura 14.	Concepto del reemplazo de combustible.	35
Figura 15.	Flujo energético en la producción agrícola comercial.	38
Figura 16.	Agricultura Vs Energía	39
Figura 17.	Ciclo de producción de una propuesta de explotación agropecuaria	40
Figura 18.	Radiación solar interceptada por la atmósfera.	41
Figura 19.	Flujo de interacción de la radiación solar con atmósfera Terrestre	43
Figura 20.	Distribución espectral de la radiación solar extraterrestre	45
Figura 21.	Espectro de la radiación solar fuera de la atmósfera terrestre.	46

Figura 22.	Fracción de energía solar contenida en la parte del espectro por encima de la longitud de onda.	47
Figura 23.	Utilización Integral de la biomasa	49
Figura 24.	Balance de energía de <u>Coffea arabica</u> var. Caturra.	52
Figura 25.	Equilibrio entre la energía que la tierra recibe del sol en forma de onda corta y la que refleja en forma de onda larga.	54
Figura 26.	Balance energético de la Caña de Azúcar.	58
Figura 27.	Radiación solar en la Guajira	63
Figura 28.	Radiación solar en la Guajira.	64
Figura 29.	Radiación solar diaria	65
Figura 30.	Radiación solar en Cali - Palmira	67
Figura 31.	Energía de las máquinas de viento.	69
Figura 32.	Efecto de la Topografía sobre el comportamiento del viento	71
Figura 33.	Efecto de diversas irregularidades	72

Figura 34.	Esquema de instalación eólica utilizado como fuente de energía, célula electrolítica.	75
Figura 35.	Energía eólica	78
Figura 36.	Potencia Eólica	79
Figura 37.	Explotación de recursos hidroeléctricos.	81
Figura 38.	Sistema de extracción y transmisión de vapor	86
Figura 39.	Barreno típico de 20 centímetros (8 pulg) de diámetro.	87
Figura 40.	Esquema de un reactor nuclear de una central de energía eléctrica.	91
Figura 41.	Motor Eléctrico.	93
Figura 42.	Producción, transformación y distribución de la energía eléctrica.	96
Figura 43.	Estructura del sector eléctrico Colombiano	98
Figura 44.	Proyección de demanda pico agregada. Capacidad instalada y disponible del sistema interconectado Colombiano 1987 - 2001	99

Figura 45.	Distribución de la demanda de energía en Colombia	100
Figura 46.	Distribución por usos de electricidad en el sector residencial	100
Figura 47.	Ciclos de generación - Eliminación y limpieza de los productos urbanos de desecho	100
Figura 48.	Proceso de pirólisis Garrett	110
Figura 49.	Producción biológica de metano	110
Figura 50.	Método de conversión por vía seca	110
Figura 51.	Esquema gasificador descendente	110
Figura 52.	Fases de la fermentación anaeróbica de la biomasa	110
Figura 53.	Población vinculada mundialmente a la agricultura.	130
Figura 54.	Mano de obra empleada en agricultura	130
Figura 55.	Producción per capita de alimentos	130
Figura 56.	Fases de Conversión de Energía disponible de Fuentes Naturales en trabajo útil.	130
Figura 57.	Procesos de transformación de energía	140

Figura 58.	Eficiencia térmica en la producción eléctrica de celdas combustibles y otros tipos de generadores	142
Figura 59.	Eficiencia de los convertidores de energía	143
Figura 60.	Motores de embolo	146
Figura 61.	Turbinas de vapor	147
Figura 62.	Motor de combustión interna	148
Figura 63.	Turbina de combustión interna (turbina a gas)	149
Figura 64.	Motores a reacción	150
Figura 65.	Rueda Hidráulica	153
Figura 66.	Tipos de Ruedas Hidráulicas	154
Figura 67.	Otros modelos de Ruedas Hidráulicas	155
Figura 68.	Formas y tamaños de Cangilones y Ruedas Hidráulicas	156
Figura 69.	Bomba de Pistón accionada por una Rueda Hidráulica	158
Figura 70.	Rueda Hidráulica accionada manualmente	159

Figura 71.	Turbina de Impulsión (Impulse Turbine).	161
Figura 72.	Características de Turbina Pelton	162
Figura 73.	Turbina Francis	163
Figura 74.	Turbina Kaplan	164
Figura 75.	Instalación de un Ariete Hidráulico	166
Figura 76.	Componentes de un Ariete Hidráulico	168
Figura 77.	Rotores de Eje Horizontal	171
Figura 78.	Rotor Horizontal de tres (3) palas	172
Figura 79.	Vista de lado de un molino de viento	173
Figura 80.	Diseños de Molinos de Viento	174
Figura 81.	Molino Multipalas	175
Figura 82.	Hélice Aerodinámica SAVONIOUS/DARRIEUS.	177
Figura 83.	Molino de Eje Vertical (SAVONIOUS)	178
Figura 84.	Molino de Eje Vertical (DARRIEUS)	179
Figura 85.	Patrones de Flujo y presión de aire	180

Figura 86.	Rendimiento típico de los Aerogeneradores	181
Figura 87.	Detalles conceptuales del tren de transmisión para el aerogenerador experimental de 0.1 MW.	183
Figura 88.	Componentes de un gran turbogenerador de viento	186
Figura 89.	Curva de duración de velocidad para un buen sitio de energía eólica.	187
Figura 90.	Curva de duración de potencia para un buen sitio de energía eólica	189
Figura 91.	Planta de gasificación	192
Figura 92.	Tanque principal del gasificador	193
Figura 93.	Componentes del tanque principal	194
Figura 94.	Filtros del gasificador	195
Figura 95.	Diagrama de un gasificador Delacotte de producción de gases de madera.	196
Figura 96.	Plantas de biogas (Biodigestores)	197
Figura 97.	Biodigestores Plásticos	198
Figura 98.	Detalles constructivos de un biodigestor	199

Figura 99.	Biodigestor de Campana	200
Figura 100.	Proceso de conversión y pérdidas de energía	205
Figura 101.	Pérdidas de energía ocasionadas en los diferentes mecanismos de una máquina motriz	207
Figura 102.	Rendimiento de un MCI	208
Figura 103.	Rendimiento en un molino de viento	209

ANEXOS

ANEXO 1.	Consumo mundial de energía.	212
ANEXO 2.	Consumo mundial de energía, por regiones, 1960 - 90	213
ANEXO 3.	Reservas Mundiales de Energía no Renovable Conocidas (10^{18} de julios).	214
ANEXO 4.	Estimaciones y Proyecciones de Empleo de Energía para Insumos de Producción Agrícola. 1972/73 y 1985/86	215
ANEXO 5.	Estimación y Proyecciones de la Energía Total y Porcentaje que corresponde a cada Insumo Agrícola, 1972/73 y 1985/86	216
ANEXO 6.	Energía consumida en la fase agrícola /16/	217
ANEXO 7.	Balance de la energía disponible en la producción de alcohol etílico a partir de: Caña de azúcar, yuca y sorgo dulce /16/	218
ANEXO 8.	Balance energético en la fabricación de alcohol	219
ANEXO 9.	Balance de la energía consumida en la producción de alcohol etílico a partir de: Caña de azúcar, yuca y sorgo dulce.	220

INTRODUCCION

La crisis de la Agricultura es la crisis del tipo de agricultura dominante, la cual es frágil económicamente (altamente dependiente de subsidios y precios políticos), frágil biológicamente (sensible a plagas, enfermedades y a la competencia de la vegetación acompañante), ineficiente energéticamente y destructiva (degrada el medio ambiente, el agua y el suelo, soportes de la producción).

El uso de máquinas modernas y eficientes es uno de los factores más importantes en la producción de alimentos y materias primas para la industria, las cuales, integradas en un proceso racional de uso con otros insumos y/o tecnologías biológicas, pueden incrementar la productividad, sin causar mayor deterioro al entorno y sin generar desempleo en zonas donde la mano de obra es abundante. El concepto de mecanización en el agro en su acepción más amplia, consiste en la utilización regular de máquinas u equipos en las actividades agropecuarias, incluyendo las agroindustriales.

Es impensable la producción agropecuaria sin un balance energético. Son diversas las fuentes de potencia utilizadas

en la agricultura, siendo las máquinas autopropulsadas (tractores, cosechadoras) y la energía eléctrica, las que mayor incidencia tienen dentro de los consumos energéticos totales. El número de tractores, su densidad por unidad de área, constituye uno de los indicadores más importantes apropiados para determinar el grado de mecanización, dado que su uso determina la utilización del resto de equipo e implementos y otras fuentes energéticas que se emplean en las diferentes operaciones agrícolas y/o agroindustriales.

La capacidad del hombre de manipular las diversas fuentes de energía disponibles en la naturaleza, influye significativamente en su posibilidad de supervivencia y en su desarrollo social. El primer paso en este sentido lo dio cuando aprendió a usar el fuego; paralelamente, los demás seres vivos continúan condicionando su comportamiento a las restricciones impuestas por las variaciones del medio; la habilidad de alterar sustancialmente el medio ambiente pertenece únicamente al hombre.

A medida que las sociedades se desarrollan, crecen las dependencias energéticas. Lo anterior ha llevado a buscar nuevas fuentes de potencia y/o combustibles más eficientes, limpios y económicos; por ejemplo, sustituir el petróleo por el gas natural en procesos industriales, uso de

energía renovable del sol, del viento, caídas de agua y los desechos agropecuarios.

El abastecimiento de energía en el sector rural es una condición básica para el desarrollo de una agricultura de cara a los mercados externos. Ella posibilita el riego, la iluminación, la refrigeración, transformación y conservación de productos, favoreciendo y diversificando las actividades agropecuarias.

Proyectar e implementar acciones para optimizar el uso energético, substituyendo insumos energéticos externos por fuentes originales en las unidades de producción, se inscribe dentro del objetivo de la autosuficiencia energética de las empresas a través del uso de biodigestores, tracción animal, energía solar, eólica, microcentrales y combustibles alternativos (alcohol, aceites vegetales, gas natural, etc.)

La utilización de determinado tipo de energía depende de dos factores: disponibilidad de un potencial energético y capacidad tecnológica para convertirlo en calor y/o trabajo. La creciente expansión de las necesidades humanas por energía ha generado dificultades económicas, sociales y ambientales; la satisfacción de dichas necesidades exige una conciente selección de alternativas.

Para una agricultura segura, duradera y competitiva, se requiere mejorar las técnicas, involucrar y desarrollar tecnologías para reducir las cargas sobre los agroecosistemas, crear nuevos sistemas de producción, realizar más investigación y practicar menos catastrofismo.

Con estas notas se pretende compendiar una serie de conceptos e información que básicamente está compilada en una serie de cuadros, esquemas y figuras, las cuales de manera fácil y práctica permiten consultar, analizar y profundizar sobre los diversos aspectos de la agricultura, la energía y la mecanización.

En los anexos se complementa la información pertinente a factores adicionales que pueden ser tenidos en cuenta.

1. CONSUMOS DE ENERGIA Y TECNOLOGIA

Los consumos energéticos constituyen un parámetro válido para medir el grado de desarrollo de un país y el bienestar de sus habitantes. La satisfacción de las necesidades alimenticias, el confort, están íntimamente relacionadas con la capacidad de conversión de energía disponible en la naturaleza en trabajo útil (Figuras 1,2,3,4).

Desde el momento en que se descubre el fuego hasta nuestra era meca-trónica, son diversos los modelos tecnológicos evaluados, superados y mejorados. Desafortunadamente, para Latinoamérica los bajos índices de desarrollo socio-económico, consecuentemente reflejan índices de asimilación y generación de tecnología, que no corresponden a sus necesidades y a su gran potencial de recursos energéticos.

El actual modelo de desarrollo de la agricultura permite la coexistencia de diversas tecnologías o prácticas mecánicas, biológicas y químicas (Figuras 5 y 6, Tabla 1).

Hoy, las regiones industrializadas con cerca del 30% de la población mundial consumen el 80% de la demanda total de energía (Figuras 7,8,9,10; Tablas 2,3,4 y 5).

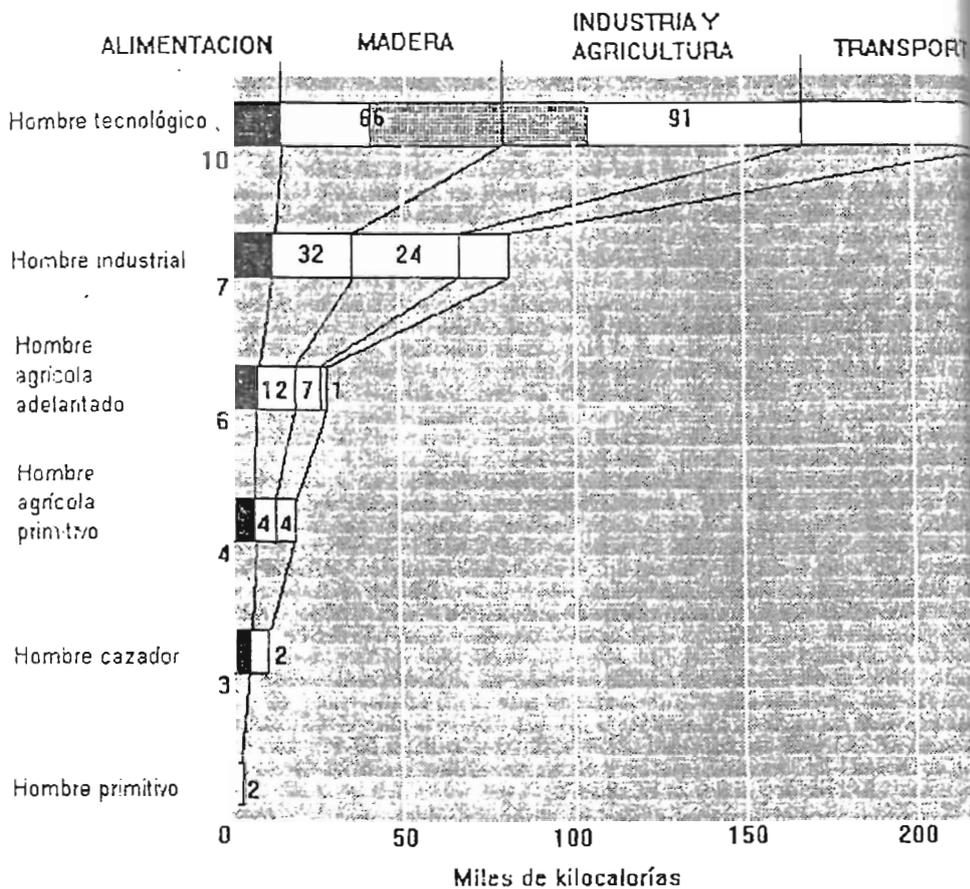


Figura 1. Consumo diario de energía per capita en se etapas de desarrollo del hombre.

Fuente: (Stout, 1980)

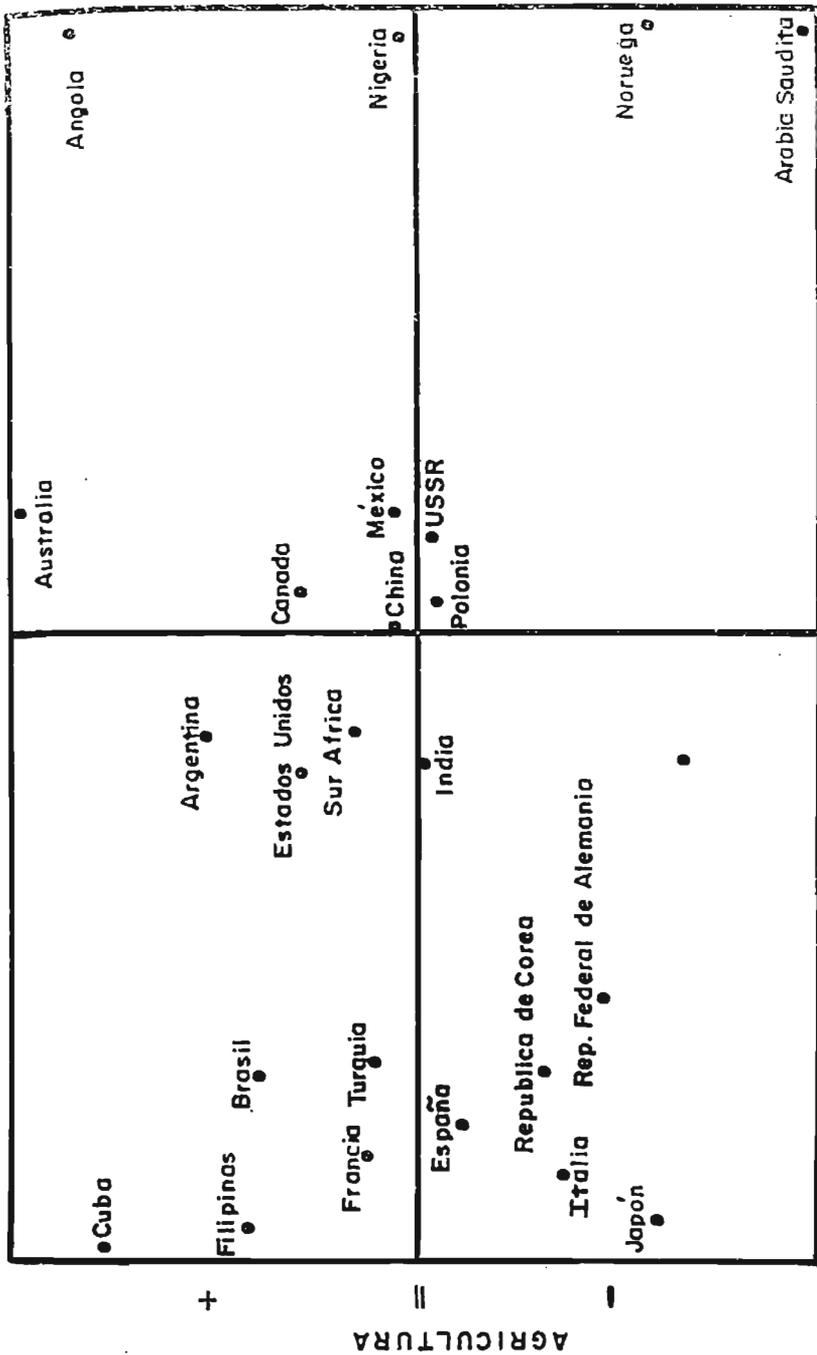


Figura 2. Energía Vs autosuficiencia agrícola

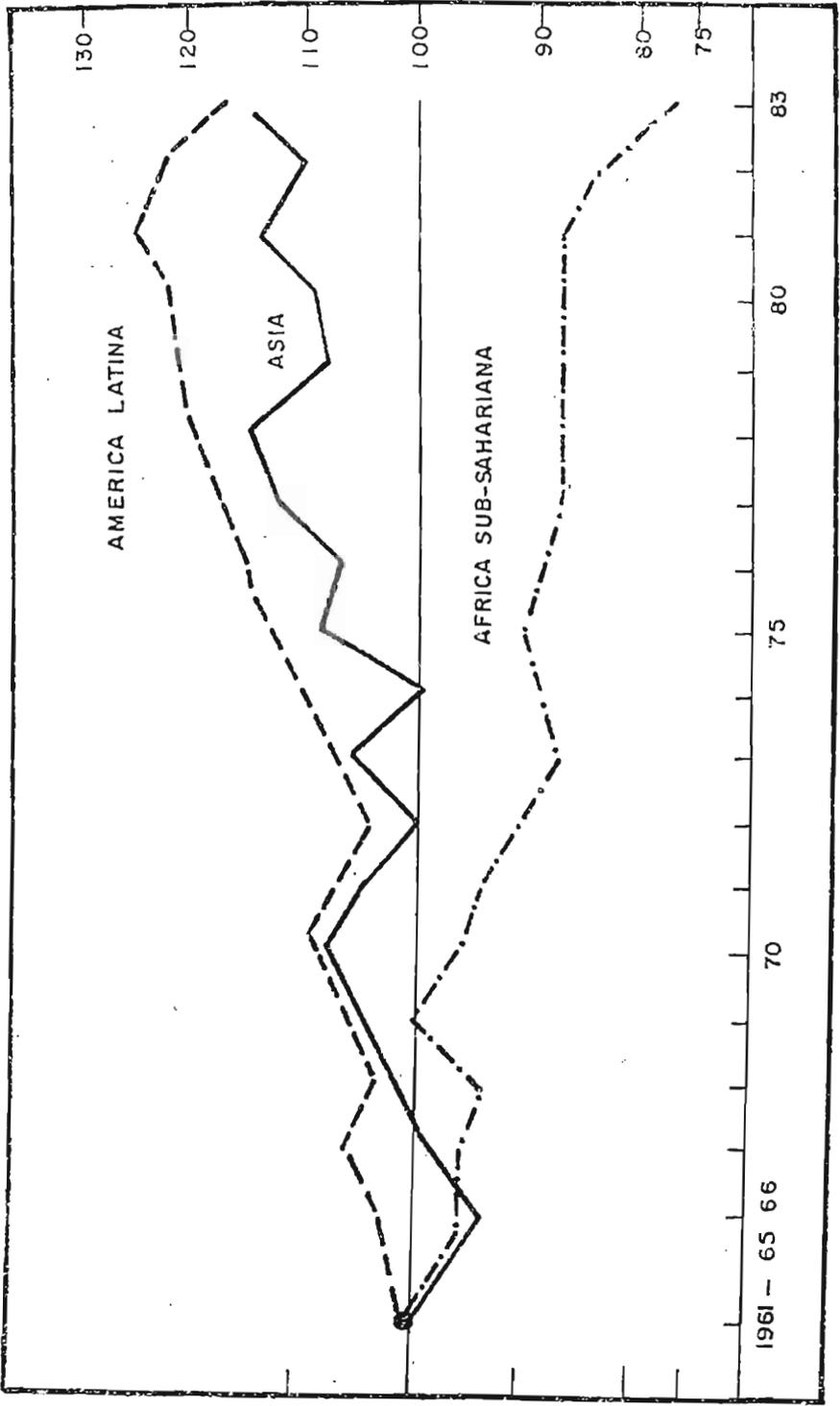


Figura 3. Indices

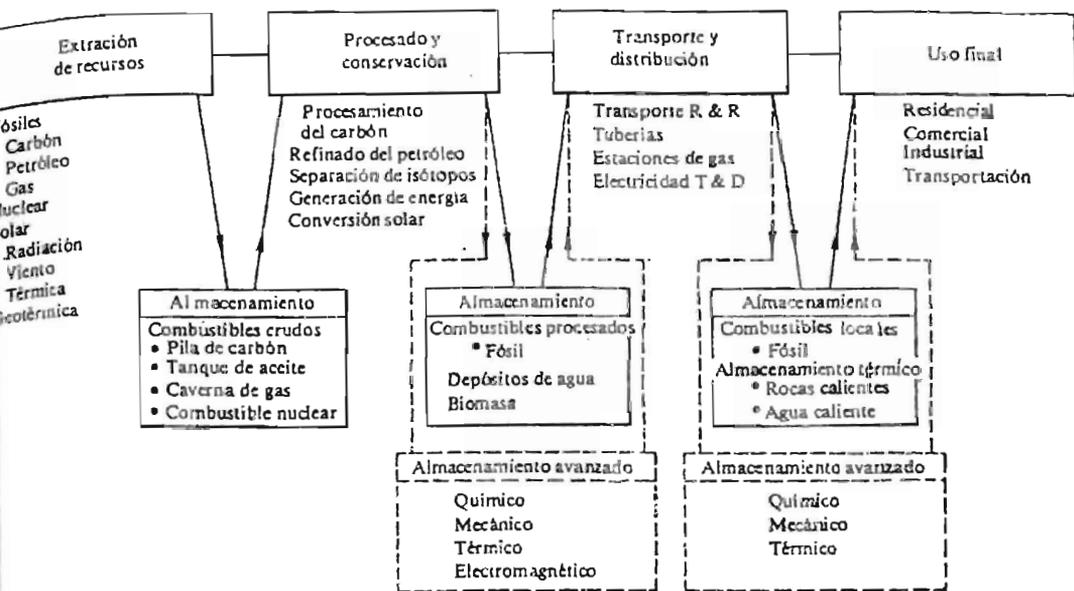


Figura 4. Flujo de energía y almacenamiento.

Fuente: (Hunt, 1984)

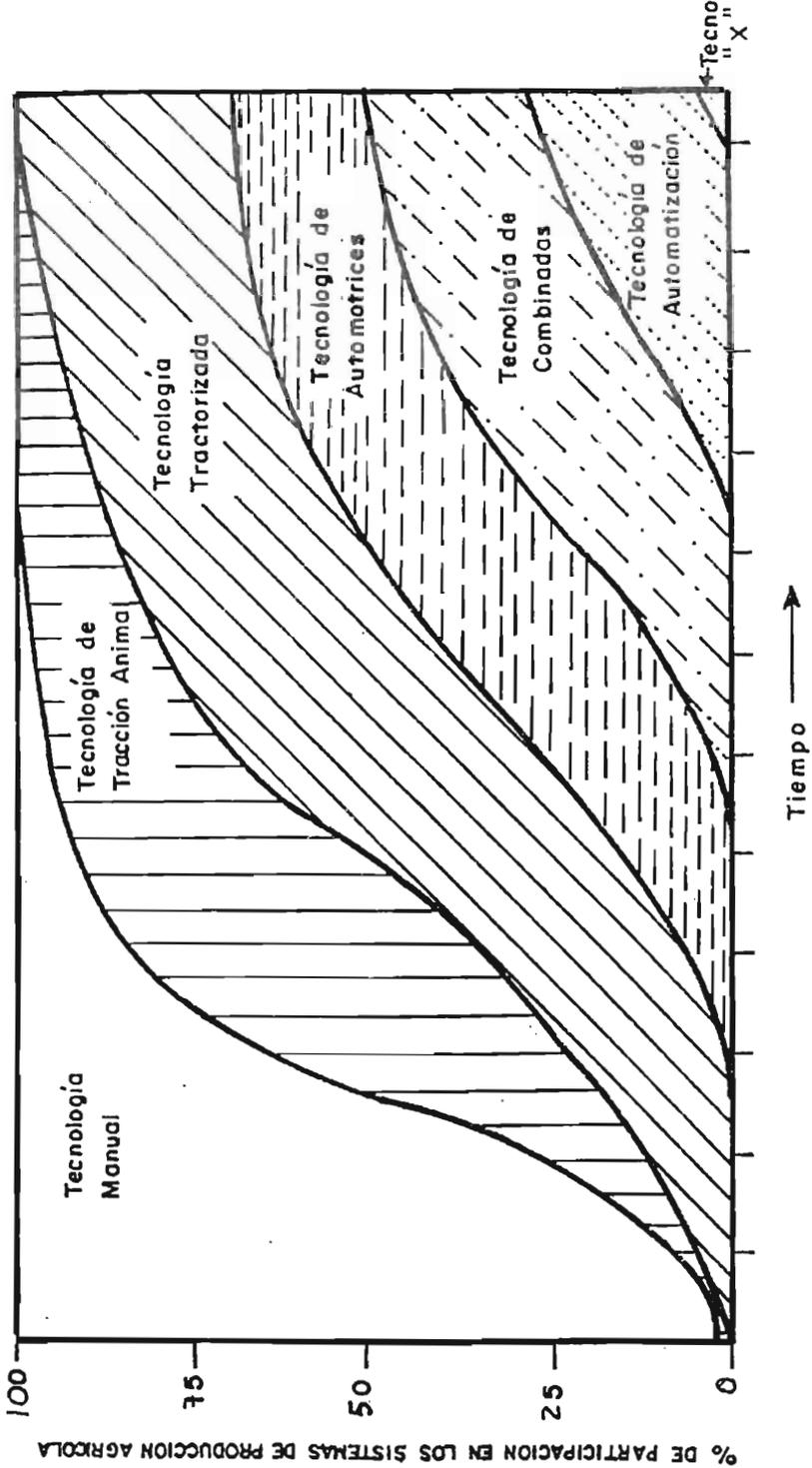


Figura 5. Evolución de los sistemas de producción de varias tecnologías mecanizadas.

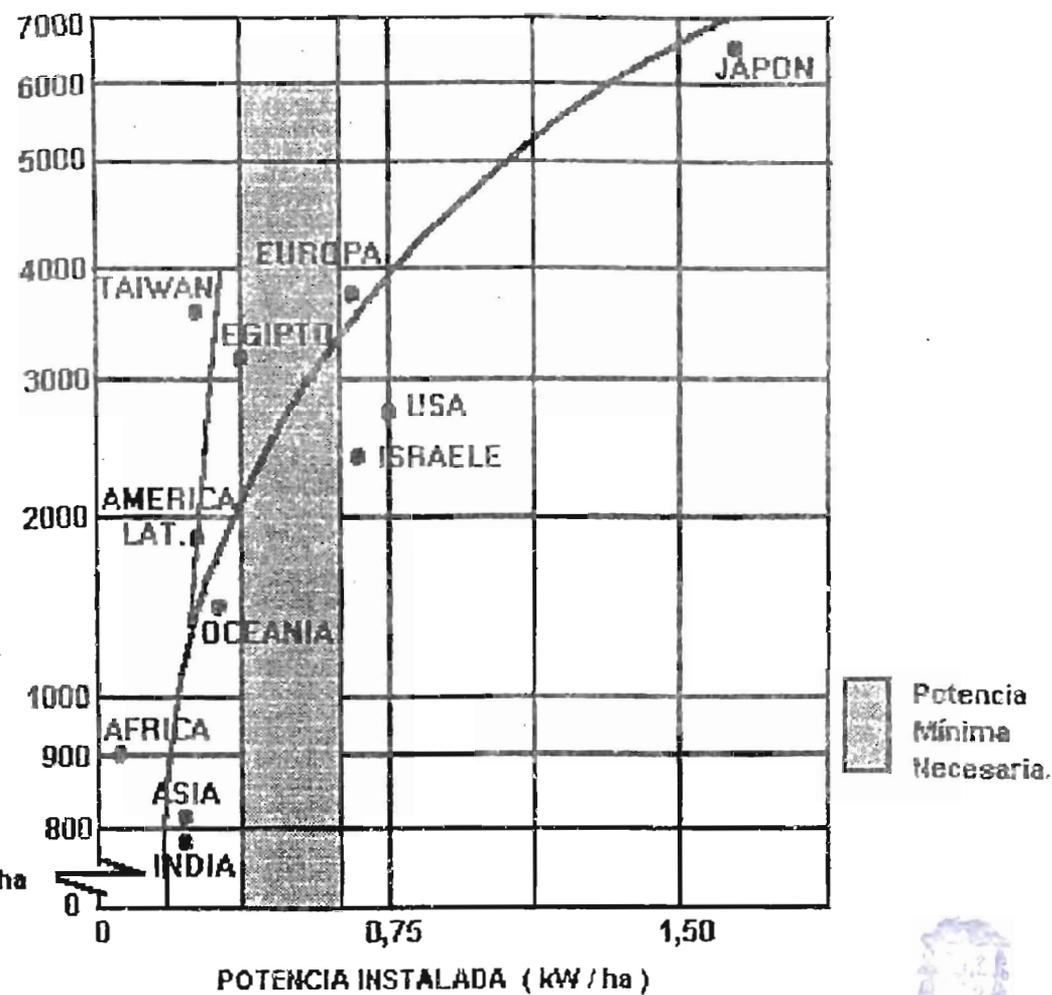


Figura 6.

Productividad agrícola Vs Potencia instalada



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
 BIBLIOTECA
 CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

TABLA 1. Distribución de la energía en las regiones en desarrollo.

Región	Energía disponible Total/ hectárea		Humana	Animal	Mecánica
	Kilovatios kw/ha	Caballos de vapor Cv/ha	Porcentaje		
Africa	0.07	0.10	35	7	58
Asia (excluida China)	0.16	0.22	26	51	23
América Latina	0.19	0.25	9	20	71
Totales			24	26	50

Fuente: (Stout, 1980).

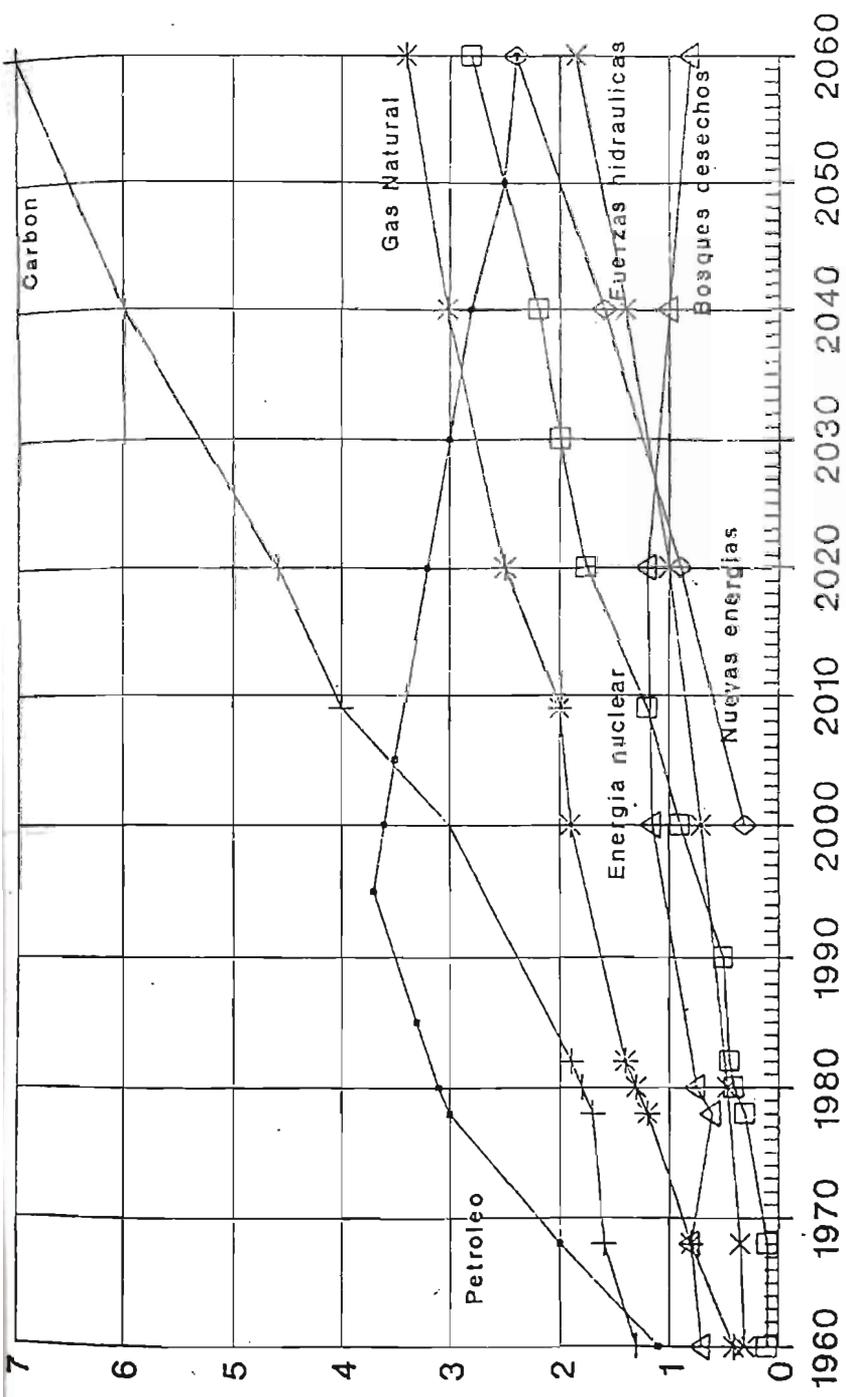


Figura 7. Consumo de energía según fuentes. Escenario Probable.
Fuente: Conferencia Mundial de Energía.

CONSUMO MUNDIAL DE ENERGÍA

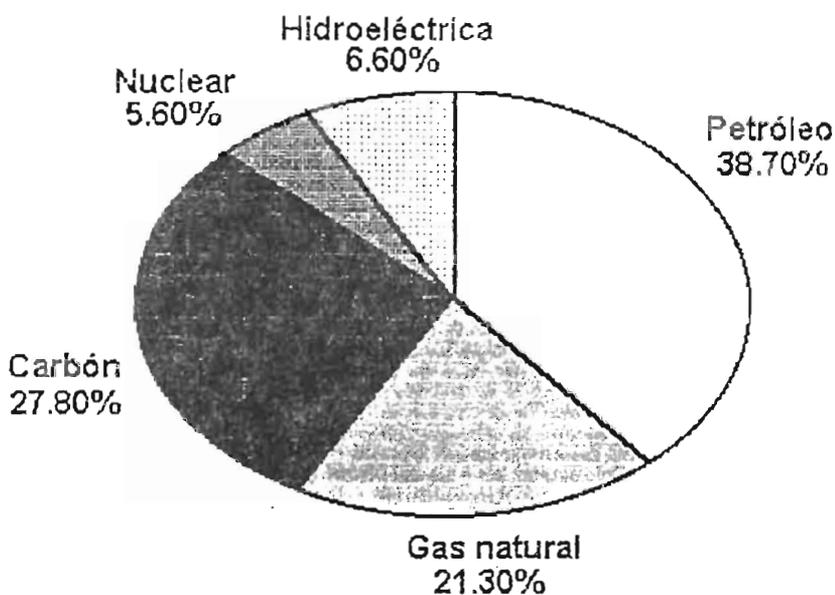


Figura 8. Consumo mundial de energía

Fuente: (Periódico el País, 1991).

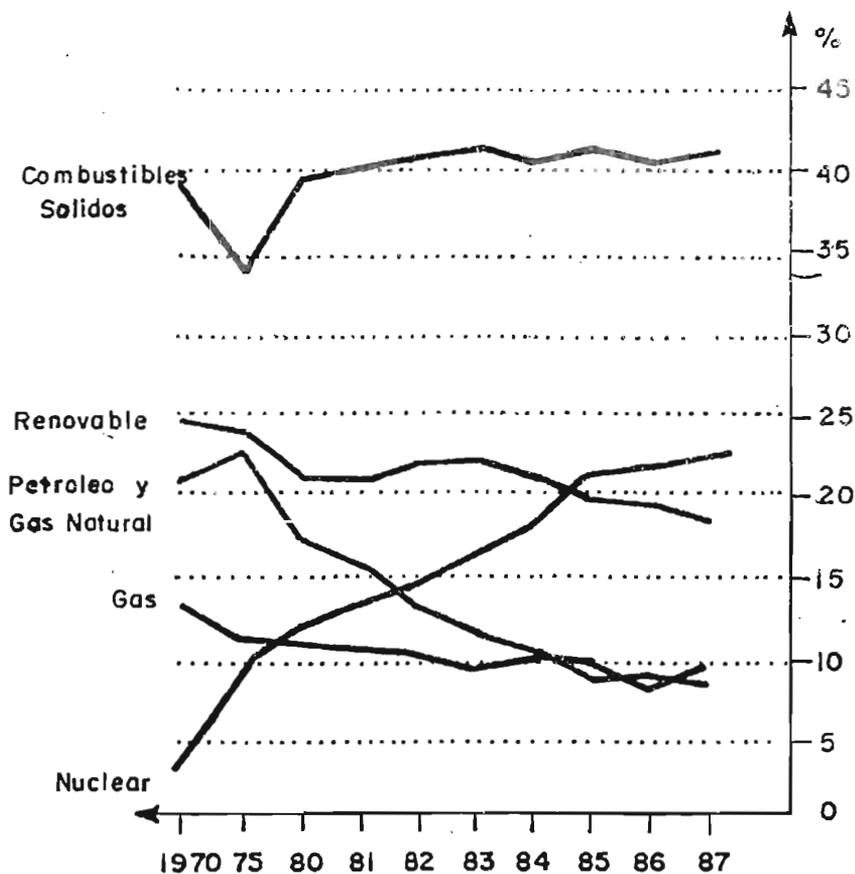


Figura 9. Distribución de la producción de energía de los países OECD

Fuente: (Lean, 1990)

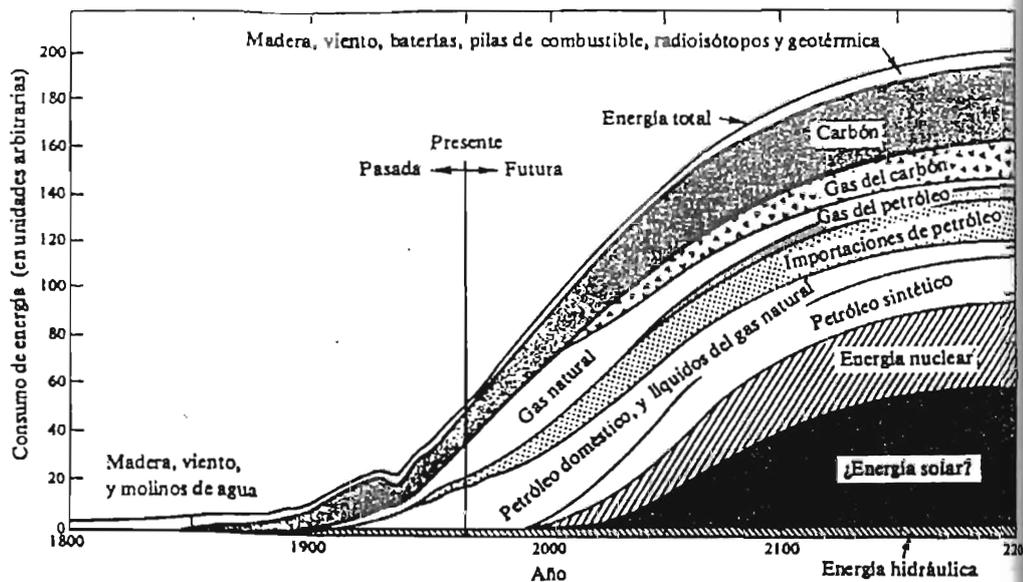


Figura 10. Necesidades de demanda final, que se iniciarán aproximadamente en el año 2030.

Fuente: (Hunt, 1990)



TABLA 2. Consumo mundial de energía, período 1960-1990

Fuente de Energía	1960	1965	1970	1972	1980	1985	1990
Carbón	65	66	71	70	84	90	97
Petróleo	48	68	102	113	140	155	174
Gas natural	19	28	43	45	60	71	81
Energía hidráulica y geotérmica	7	10	12	14	16	18	20
Energía Nuclear		1	1	1	13	36	67
Totales	139	173	229	246	313	370	439

Fuente: (Stout, 1980)

TABLA 3. Consumo mundial de energía por regiones. 1960 - 1990.

Región	1960	1965	1970	1972	1980	1985	1990
Estados Unidos	47	56	71	76	91	109	129
Europa Occidental	28	36	49	52	66	79	92
Japon	4	7	13	14	22	28	36
U.R.S.S., Europa Oriental y China	41	48	61	67	86	99	115
Resto del Mundo	19	25	35	38	48	55	64
Totales	139	172	229	247	313	370	436

Fuente : (Stout, 1980)

TABLA 4. Consumo Mundial de Energía (MTOE), 1987.

Combustible	%	Total
Petróleo	37.9	
Hidráulica	6.8	
Nuclear	5.3.	
Carbón	30.0	
Gas	20	
		7789

Fuente: (Lean, 1990)

TABLA 5. Consumo de energía por Regiones

Paises Region s	Petroleo	Hidráulica	Nuclear	Carbón	Gas	Total (MTOE)
E. E. U. U.	40.9	4.3	6.8			1864
Europa	45	6.2	10.7	20.2	15.9	1299
Africa	42.3	9.1	0.9	33.5	14.2	202
U. S. S. R.	32.6	4.0	2.9	22.6	37	1363
Japón	54.7	5.0	12.3	18.4	9.6	377
China	13.4	4.4		80	1.8	691

Fuente : (LEAN, 1990)

MTOE: Millón de toneladas métricas equivalentes a petróleo

Un Millón de toneladas métricas de petróleo es equivalente

a A:

1.5 MT Carbón

1.2 Billones de m³ de gas natural

2.5 Millones de toneladas combustible madera

4 Terawatt - horas de electricidad

2 Toneladas métricas de uranio

En la tabla 6 se señalan los requerimientos de energía para los principales medios de producción; estos requerimientos están lejos de ser aplicados para la realidad colombiana. En las tablas 7,8,9 se tipifican requerimientos y balances de energía para producción agrícola específica.

Los consumos energéticos son indicadores determinantes del grado de desarrollo tecnológico y económico logrado por los países industrializados durante el siglo XX. Para los países en vía de desarrollo, es necesario diferenciar procesos desiguales de crecimiento económico, bienestar social y base tecnológica, condicionada por procesos históricos (colonialismo - dependencia); escasez de recursos (ahorro interno), disponibilidad, aprovechamiento y costos de las fuentes energéticas (biomasa, combustibles fósiles etc.); Ver Figura 11.

"El Desarrollo y el Progreso" no pueden negar la necesidad de aprovechar y utilizar los recursos energéticos de manera racional y eficiente; el aprovechamiento, la conservación y el ahorro pueden convivir "Pacíficamente" sin mayor confrontación en beneficio de la humanidad. La Figura 12 muestra los ahorros potenciales de energía dentro de una estrategia de conservación.

TABLA 6. Requerimientos de energía para los principales medios de producción.

NITROGENO	74. MJ/kg 1.5 MJ/kg
CEMENTO ARMADO	3 MJ/kg
ELECTRICIDAD	105 MJ/Kw.H
HERBICIDAS	91 MJ/kg
FABRICACION	1260 MJ/m ²
FOSFORO	13 MJ/kg
ACPM	46 MJ/kg
INSECTICIDA	53 MJ/kg
ABONO VERDE(Compost)G	- 0.1 MJ/kg
LUBRICANTE	81 MJ/kg
IMPLEMENTOS	69 MJ/kg
MAGNESIO	9 MJ/kg
MADURANTES	100 MJ/kg
TRANSPLANTE(SIEMBRA)	0.3 mj/kg
PLASTICO	126 MJ/kg
POTASIO	9 MJ/kg
SEMILLA LEGUMINOSA	20 MJ/kg
SEMILLA (Otras)	50 MJ/kg
TRANSPORTE	1 MJ/kg
MAQUINAS AUTOPROPULSADAS	92 MJ/kg

Fuente: (Terra e Sole, 1989)

TABLA 7. Requerimientos de energía del Tomate de industria recogido manualmente.

	Cantidad / ha.	Energía (MJ/ha)	Energía (X)
Producción	50 t		
Mano de Obra	427 h		
A.C.P.M.	260 kg	11960	340
ACPM Para Riego	92 kg	2232	12.0
Lubricante	10 kg	810	2.3
Tractores	19 kg	1784	5.0
Equipos e Implementos	9 kg	621	1.8
Nitrógeno	147 kg	10878	30.9
Fósforo	110 kg	1420	4.1
Potasio	184 kg	1636	4.7
Semilla	6 kg	300	0.9
Pesticidas	28 kg	1568	4.5

Fuente: (Terra e Sole, 1989).

TABLA 8. Requerimientos de Energía del Tomate de Industria con Recolección Mecánica.

	Cantidad / ha	Energía (MJ/ha)	Energía (%)
Producción	60 t		
Mano de Obra	167 h		
Tractores	53 h		
ACPM	260 kg	11960	30.0
ACPM Para Riego	265 kg	12190	30.6
Lubricante	18 kg	1458	3.7
Tractores	27 kg	2484	6.2
Equipos e Implementos	33 kg	2277	5.7
Nitrógeno	75 kg	5550	13.9
Fósforo	120 kg	1560	3.9
Potasio	120 kg	1080	2.7
Herbicida	2 kg	182	0.5
Fungicidas	9 kg	504	1.3
Madurante	3 kg	300	0.8
Semilla	6 kg	300	0.8
Total		35.203 MJ/ha 704 MJ/t	100

Fuente: (Terra y Sole, 1989)

TABLA 9. Energía Comercial necesaria para la Producción de Maíz por Métodos Modernos y Tradicionales, con respectivos rendimientos.

	Métodos Modernos (E.E.U.U.)		Tradicionales (México)	
	Cantidad/ha	Energía/ha (10 ⁶ de julios)	Cantidad/ha	Energía/ha (10 ⁶ de julios)
Insumos				
Maquinaria	4,2 x 10 ⁹ de julios	4200	173x106 de Julios	173
Combustible	206 l.	8240	-	-
Fertilizantes nitrogenados	125 kg	10000	-	-
Fertilizantes fosfatados	34,7 kg	586	-	-
Fertilizantes potásicos	67,2 kg	605	-	-
Semillas	20,7 kg	621	10,4 kg	-
Riego	351x10 ⁶ de julios	351	-	-
Insecticidas	1,1 kg	110	-	-
Herbicidas	1,1 kg	110	-	-
Desecación	1239x10 ⁶ de julios	1239	-	-
Electricidad	3248x10 ⁶ de julios	3248	-	-
Transporte	724 x10 ⁶ de julios	724	-	-
Total		30034		173
Rendimiento (kg/ha)	5083		950	

Fuente: (Stout, 1980)

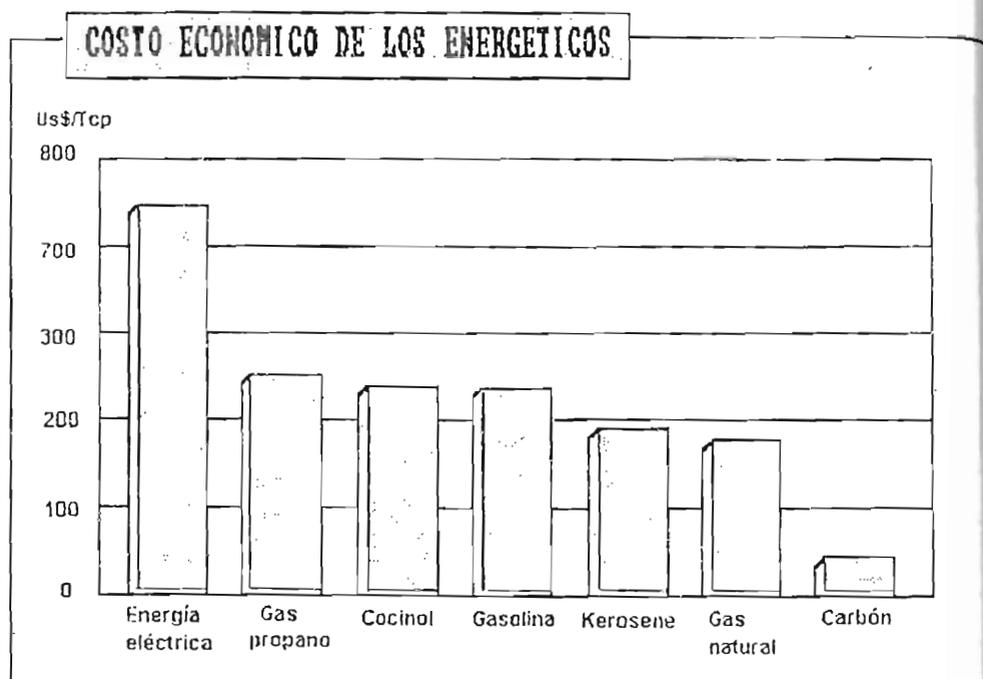


Figura 11. Costo Económico de los energéticos

Fuente: (El País, 1991)

Ahorro en millones de barriles de petróleo por día

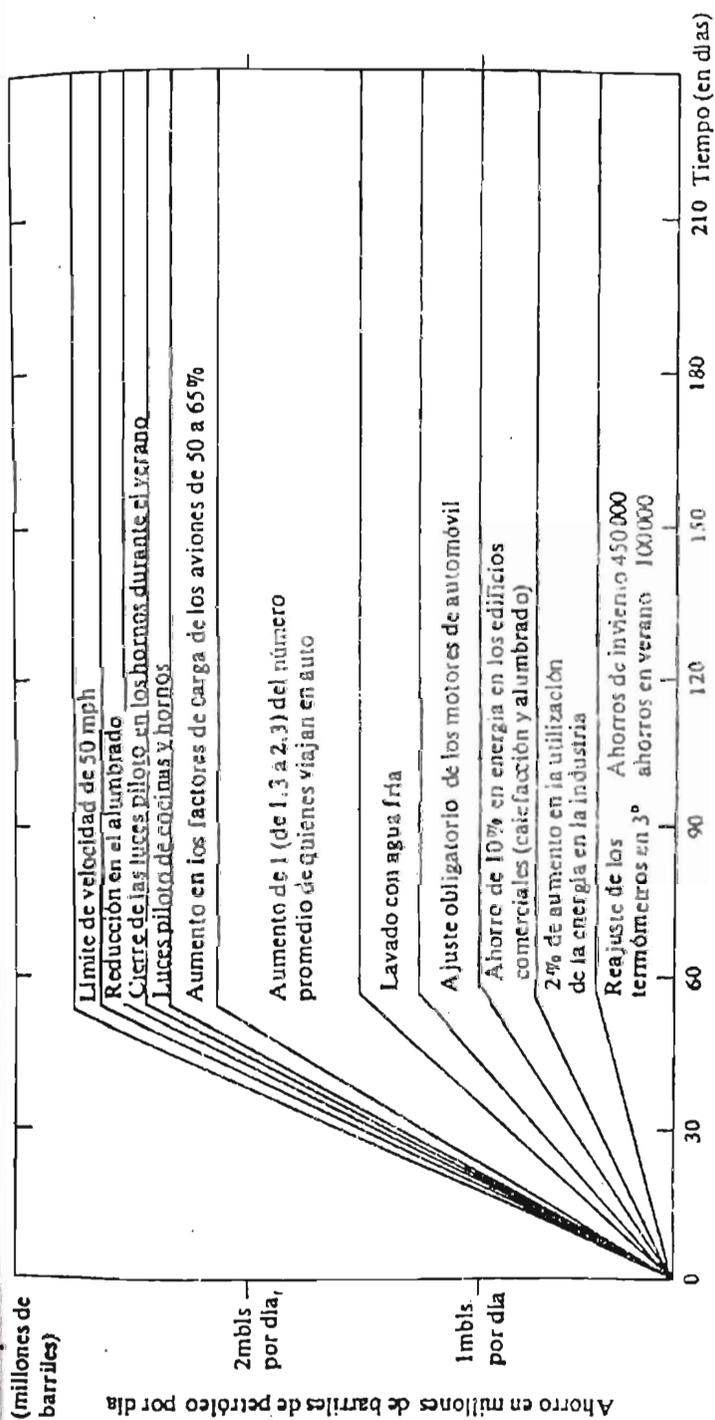


Figura 12. Ahorros potenciales en energía en los programas de emergencia para su conservación, suponiendo 100% de colaboración.

Fuente: (Hunt, 1984)

BIBLIOGRAFIA

- BRENNAN, PETER. La Realidad de las Fuentes Nuevas y Renovables de Energía. En: Industrial World, Vol 207, No. 5, 1989, 20p.
- ENERGIA: Método de Análisis. En: Terra e Sole, Febrero, 1989, p. 80-86
- HUNT, DANIEL. Diccionario de Energía. México: Marcambe 1984, 516p.
- LEAN, GEOFFREY; HINRISCHSEN and MARCHAM, ADAM. Atlas of the Environment (WWF) 1 ed. New York: Prentice Hhall. 1990, 192p.
- MIACRE, L. G. Máquinas Motoras NA Agricultura. (S.F), 358p.(Fotocopias).
- QUIJANO, HURTADO RICARDO. Perspectivas Energéticas y las Nuevas Fuentes de energía. Memorias, VII Simposio de Energía Solar y energías no Convencionales. Bogotá: Sociedad colombiana de Energía Solar y Energía no Convencionales 1991.
- STOUT, B. A. Energía para la Agricultura Mundial. Roma: FAO. 1980, 292p.
- Programa de Utilización de Recursos Energéticos Renovables. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación, 1979. Sp.

UPI - BETTMAN ARCHIVE. Alternativas Energéticas.
México: Progreso. Junio 1986. p.6.

DERRICK, ANTHONY. Tecnologías de energía Renovable.
Desarrollo Nacional, Vol 36, No. 4 (Mayo 1989).
p 30-34.

2. FUENTES DE ENERGIA DE LA TIERRA

Sobre la superficie de la tierra incide continuamente un proceso de acceso y retroceso de energía. Las tres fuentes principales de energía son:

- La radiación solar interceptada por la atmósfera.
- La geotérmica, proveniente del interior de la tierra que llega a la superficie por conducción, a través de rocas, o por convección a través de fuentes termales y volcanes.
- La energía de los mares (brásmica), producto de la acción gravitacional del sistema luna - tierra.

En la figura 13 se señalan las magnitudes de los flujos energéticos naturales en la tierra. El total de radiación solar interceptada por la tierra puede ser obtenido a partir de la constante solar y del área de superficie interceptada. El calor proveniente del interior de la tierra por conducción es estimado en función del gradiente geotérmico, de la conductividad térmica de las rocas y del suelo en la superficie de la tierra. El calor de convección de las fuentes termales y volcanes es estimado en 1% del calor propagado por conducción.

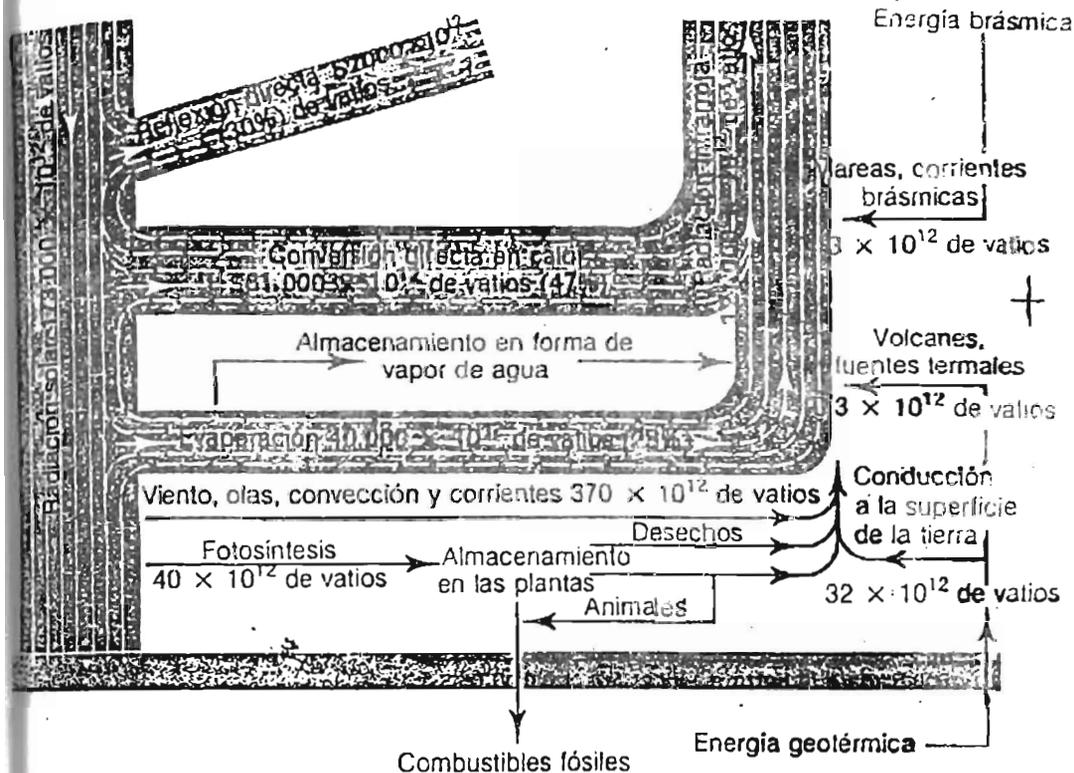


Figura 13. Flujos energéticos naturales en la tierra

Fuente: (Stout, 1980)

La humanidad dispone en términos generales de dos grandes tipos de energía:

- La energía libre, cuyo flujo puede ser captado y utilizado
- La energía almacenada (moléculas orgánicas, sustancias minerales, energía nuclear), de la cual es posible obtener una liberación controlada.

Los flujos de energía libre se renovarán mientras que la tierra sea habitable. En cambio, la energía almacenada (petróleo, gas, carbón, etc) es agotable. Es esta la razón que justifica la captación sistemática de los flujos de energía libre (solar, eólica, hidráulica), así, mientras el hombre y la sociedad dominan los fenómenos físicos, más energía podrá captar. En este sentido, la ciencia es liberadora, aumenta las posibilidades de escogencia.

La heterogeneidad del planeta y la diversidad geográfica, hacen posible y necesaria la captación de energía.

La ampliación de opciones permite también a cada país perfeccionar sus propias fuentes de energía, y consecuentemente, asegurar independencia energética, condición de la independencia económica y política.

El dominio y utilización de los flujos de energía libre se hacen necesarios ante la desigual distribución de la energía potencial almacenada (combustibles fósiles y nucleares).

Es evidente que mientras no se perfeccione la utilización del hidrógeno, los hidrocarburos y el carbón serán irremplazables. Las ventajas de las formas de energía secundaria, como el hidrógeno y la electricidad, es que se pueden obtener de flujos de energía libre.

Considerando que los depósitos de combustibles fósiles estarán agotados dentro de algunos siglos, se hace necesario conocer y sustituirlos por otras fuentes de energía. Las alternativas de energía que tienen posibilidades de reemplazar al carbón y al petróleo son las siguientes:

- Energía solar:

 Uso directo (captadores solares).

- Uso indirecto :

 Energía eólica

 Energía Hidráulica

 Energía de biomasa (fotosíntesis)

- Energía de los mares
- Energía geotérmica
- Energía nuclear

La Figura 14 muestra la posibilidad de sustitución de combustible convencional por energía solar.

2.1 Energía Solar

El hombre ha aprendido recientemente a transformar la energía solar en eléctrica mediante diferentes procedimientos. Los más conocidos en nuestro medio son los llamados heliotérmicos o fototérmicos y los denominados fotovoltaicos.

El sol emite energía en forma de radiaciones electromagnéticas. El sol produce energía al convertir masa en energía. Se estima que la cantidad total de energía que llega a la atmósfera exterior de la tierra al año es de 745×10^{15} kw - hora, equivalente a unos 1.36 kw - hora por metro cuadrado a 160 kilómetros de la tierra.

La energía solar, definida ampliamente, incluye una gran variedad de formas que se pueden clasificar como se muestra en la tabla 10.

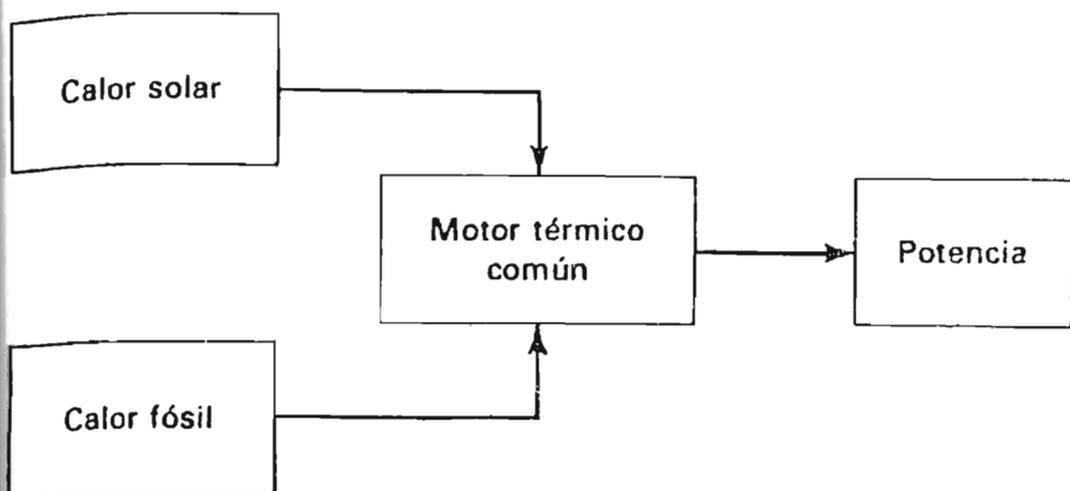


Figura 14. Concepto del reemplazo de combustible.

Fuente: (Considine, 1989)

TABLA 10. Formas y Usos de la Energía

Radiación Solar Directa	Energía Solar Indirecta
<p>Sistemas Solares Activos</p> <ul style="list-style-type: none"> . Calentamiento de espacios en invierno . Calentamiento de agua . Enfriamiento de espacios (aire acondicionado) <p>Procesos de Calor</p> <ul style="list-style-type: none"> . Calentamiento solar pasivo de espacios. <p>Sistemas Generadores de Electricidad</p> <ul style="list-style-type: none"> . Sistemas fotovoltaicos . Torres solares de potencia 	<p>Potencia del agua</p> <ul style="list-style-type: none"> . Hidroelectricidad . Potencia mecánica <p>Potencia del viento</p> <ul style="list-style-type: none"> . Transportación marítima . Potencia mecánica (molinos de viento) . Electricidad generada por el viento <p>Potencia Fotosintética</p> <ul style="list-style-type: none"> . Combustibles sólidos (madera) . Combustibles líquidos (metanol, etanol) . Combustibles gaseosos (metano) <p>Conversión de energía térmica oceánica</p>

Fuente: (Hodges, 1993)

En la agricultura hay dos tipos obvios de flujos energéticos, uno de ellos es el alimentario, que va desde el proceso fotosintético hasta el plato del consumidor; el otro es el flujo clásico de energía combustible que corresponde a la producción vegetal y su transformación en alimentos. Las figuras 15, 16, 17 esquematizan un flujo típico en la agricultura; gran parte de la energía solar que es absorbida por la atmósfera de la tierra es irradiada de nuevo al espacio (Figura 18). De esta energía no se dispone constantemente debido al ciclo día/noche, a la nubosidad y porque su densidad varía según las estaciones, los lugares geográficos y otros factores.

La radiación global, a nivel del suelo, constituye apenas una parte de la radiación. En la figura 19 se ilustran las interacciones de energía solar con la atmósfera. La radiación global próxima de la superficie del suelo se constituye en la energía solar disponible y que podría ser realizado por:

- Captación y conversión directa:
 - . Concentradores
 - . Colectores

- Bioconversión (biomasa): Alcohol (etanol, metanol), carbón vegetal, aceites vegetales, biogas, etc.

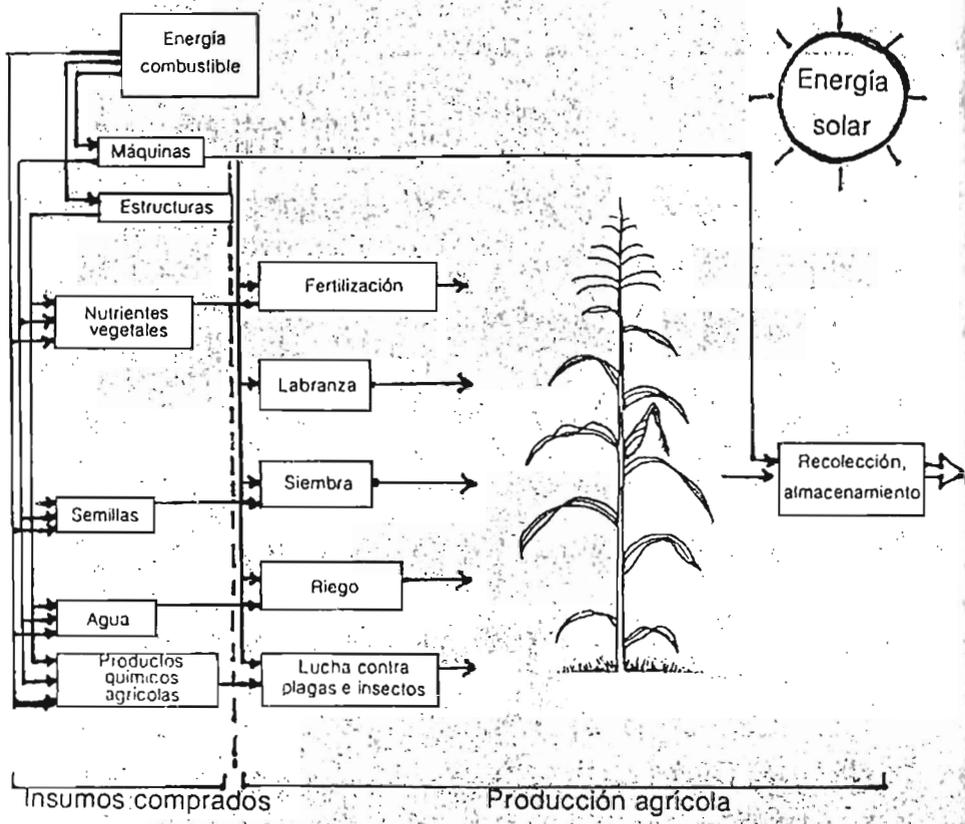


Figura 15. Flujo energético en la producción agrícola comercial.

Fuente: (Stout, 1980)

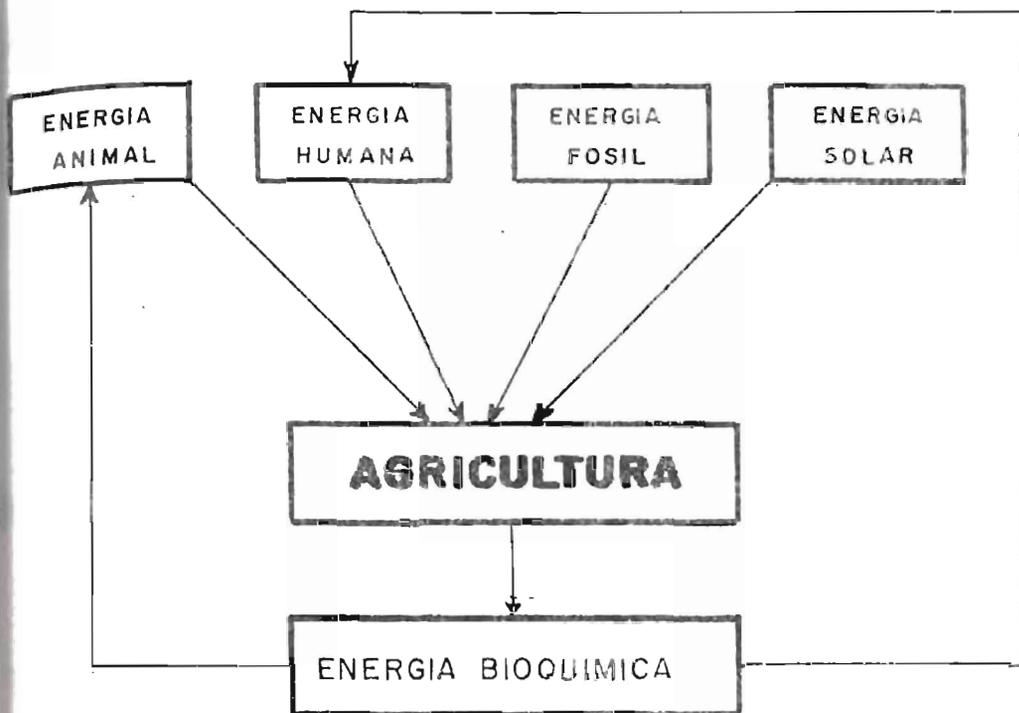


Figura 16. Agricultura Vs Energia

GRANJA EL HATICO

ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

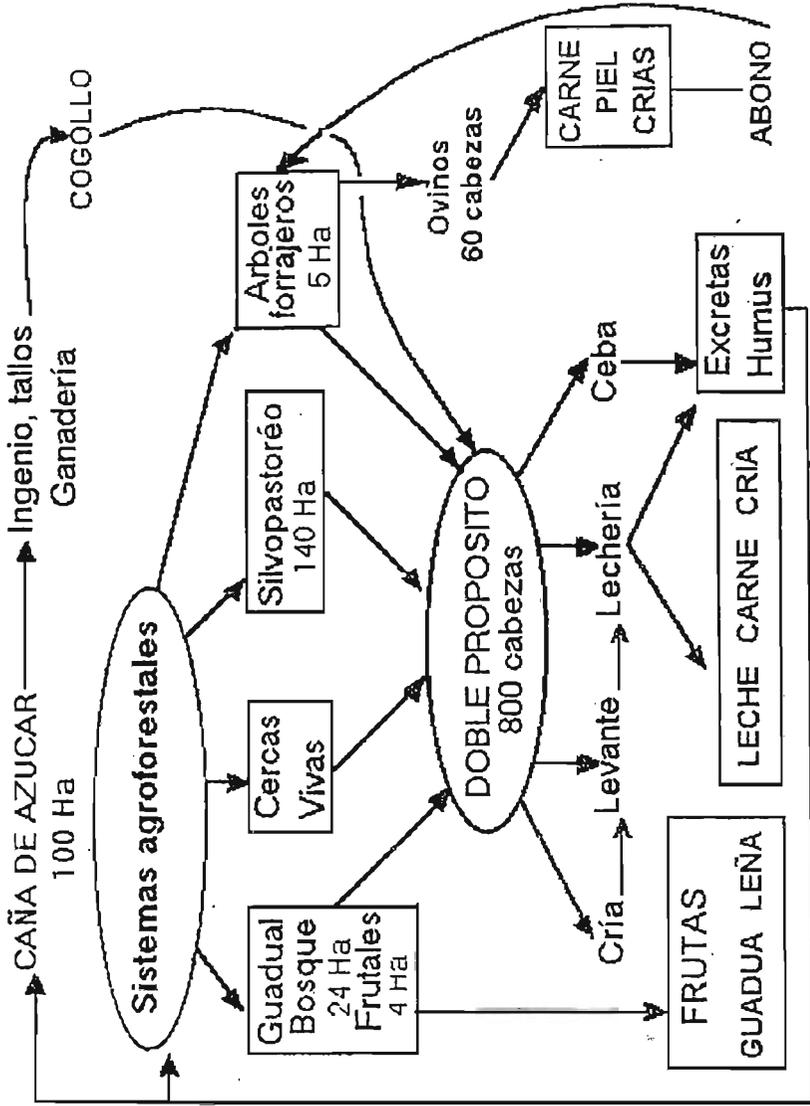


Figura 17. Ciclo de producción de una propuesta de

Radiación Solar que entra en la Atmósfera

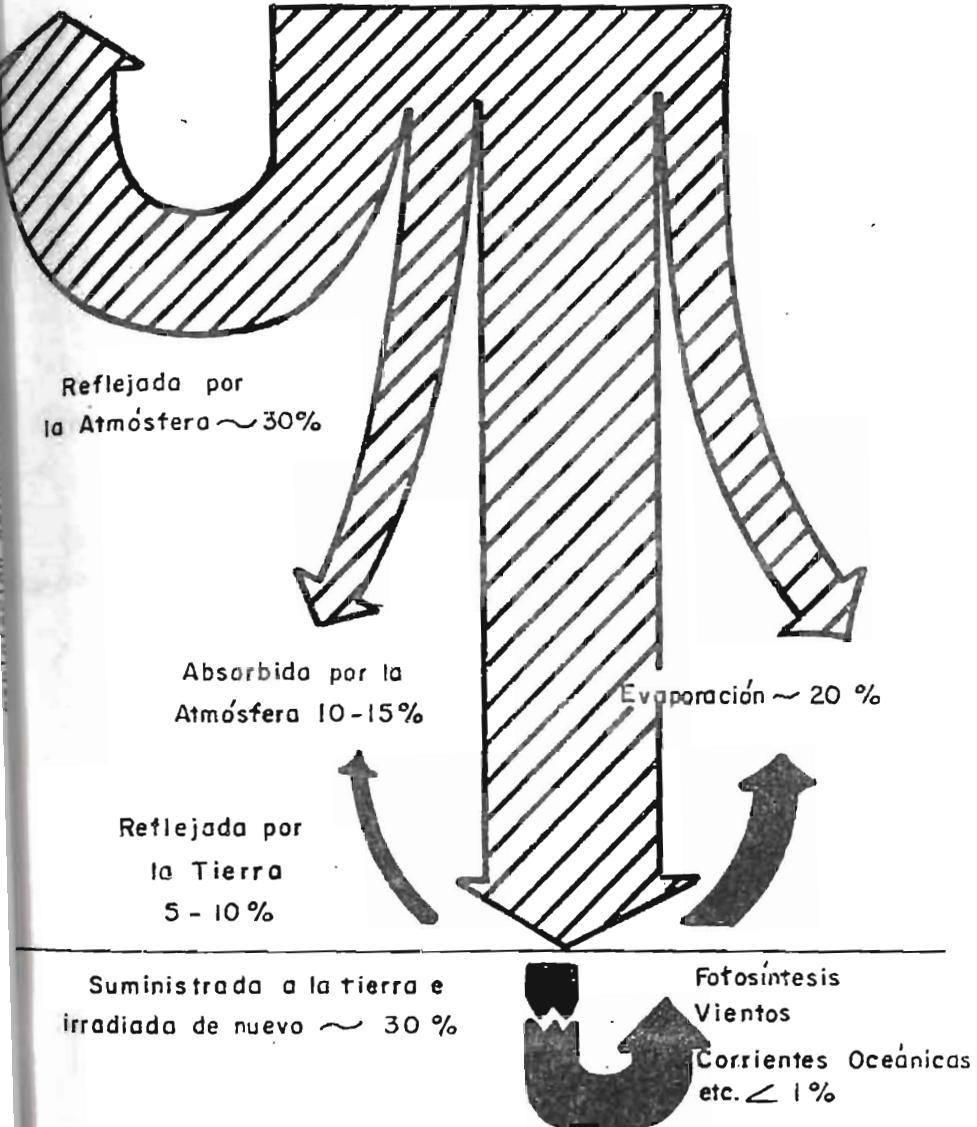


Figura 18. Radiación solar interceptada por la atmósfera.

Fuente: (Stout, 1980)