



TÍTULO

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE PAISAJES PARA URUGUAY. HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN Y CONSERVACIÓN

AUTOR

Daniel Panario

| | |
|------------------------------|---|
| Fecha de lectura | 29/01/2016 |
| Institución | Universidad Internacional de Andalucía |
| Director | Dr. Carlos Montes del Olmo |
| Programa de Doctorado | Doctorado en Tecnología Ambiental y Gestión del Agua |
| ISBN | 978-84-7993-747-8 |
| © | Daniel Panario |
| © | De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía |
| Fecha de edición electrónica | 2016 |



Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas

Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
- **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.
- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
- *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.*
- *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*



SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE PAISAJES PARA URUGUAY, HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN Y CONSERVACIÓN

TESIS DOCTORAL

Programa de Doctorado en Tecnología Ambiental

Línea de investigación: Física aplicada

DOCTORANDO:

Daniel Panario

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Carlos Montes del Olmo,
Universidad Autónoma de Madrid, España



HUELVA, 2015

Universidad Internacional de Andalucía

Créditos de las fotografías del documento

Las fotos que no están acreditadas son
de autoría de Daniel Panario / Ofelia Gutiérrez

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE ANDALUCIA



Sistema de clasificación
de paisajes para Uruguay.
Herramienta para la
planificación y conservación

Memoria presentada por Daniel Panario para optar al Grado de Doctor
en Tecnología Ambiental por la Universidad Internacional de Andalucía

Director

Carlos Montes del Olmo

Departamento de Ecología
Universidad Autónoma de Madrid, España

TESIS DOCTORAL

Huelva, noviembre de 2015

“No aceptes lo habitual como
cosa natural.

Porque en tiempos de desorden,
de confusión organizada,
de humanidad deshumanizada,
nada debe parecer natural.

Nada debe parecer imposible de
cambiar”.

Bertolt Brecht

AGRADECIMIENTOS

Al Profesor Carlos Montes de la Universidad Autónoma de Madrid, por concederme el privilegio de aceptar ser el tutor de esta tesis, sus valiosos consejos y sugerencias.

A los viejos compañeros del Programa de Levantamiento de Suelos de la Dirección de Suelos del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, con los cuales recorrí el país cartografiando y describiendo suelos, con ellos y por aquellas épocas, generamos la cartografía de suelos de detalle, además de la de escala 1:1.000.000, ambas son el sustento para esta tesis, así como el conocimiento sobre suelos del Uruguay que adquirí.

Al Profesor Juan Gastó Coderech de la Pontificia Universidad Católica de Chile, por invitarme a participar de la propuesta de Clasificación de Paisaje de Chile, donde recorrí casi todo ese hermoso país, mientras la realizábamos, así como por las enriquecedoras discusiones, que fueron también el origen de esta tesis.

En general a los compañeros del Proyecto “Bases para la planificación eco-regional de Uruguay”, pero en particular a los que formamos parte del Proyecto “Mapa de Ambientes de Uruguay y Distribución potencial de especies” (convenio MGAP/PPR – CIEDUR), Ofelia Gutiérrez, Alejandro Brazeiro, Marcel Achkar, Lucía Bartesaghi y Mauricio Ceroni, en el marco del cual tuvo inserción la investigación de esta tesis.

Muy especialmente al grupo de seres maravillosos de Medio Natural generación 2008, con quien compartí la estancia en La Rábida, y cuya amistad me acompañará para siempre a pesar de las distancias, y entre los cuales hemos generado un espacio de resiliencia colectiva, al que hemos ido incorporando a otros inolvidables cohabitantes de ese tiempo y lugar.

Al Profesor Francisco Borja Barrera (Universidad de Huelva), Director del Programa de Doctorado en Conservación y Gestión del Medio Natural, y al cuerpo de docentes del mismo, por la dedicación y excelencia con que transmitieron a la Generación 2008 sus conocimientos y experiencia.

A mis compañeros del Programa de Posgrado en Ciencias Ambientales y a los del Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, en particular a los de la UNCIEP, con los que venimos trabajando hace tanto tiempo.

Muy especialmente a mi querida familia por su apoyo, y en particular a mis compañeras de vida por su cariño y paciencia, en particular a Ofelia sin cuyo esfuerzo y dominio de la informática esta tesis no habría sido posible.

Y por último pero no menos importante, a la Universidad Internacional de Andalucía (UNIA) por haberme aceptado como estudiante y concedido una beca que me permitió acceder al Doctorado en Conservación y Gestión del Medio Natural.

Esta tesis tuvo financiación parcial a través de:

- Proyecto “Bases para la planificación eco-regional de Uruguay”, ejecutado por CIEDUR, Facultad de Ciencias, Sociedad Zoológica del Uruguay y Vida Silvestre, a través de convenios con el Proyecto Producción Responsable del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP).

RESUMEN

La clasificación de paisajes de la superficie terrestre para su uso y manejo, ha sido una antigua preocupación científica, apuntando tanto a la extrapolación de resultados de investigaciones, cuanto a la planificación socioecológica del territorio con diferentes fines. Un requisito previo es la elección de atributos del paisaje que resulten relevantes y apropiados a esos efectos, así como solucionar el problema de obtener unidades cartográficas con resolución a diferentes escalas para diferentes usos de la información, tales como la producción, la ciencia o la planificación. Ello requiere de un sistema que sea exhaustivo, con unidades mutuamente excluyentes y preferentemente jerárquicas.

Los atributos del paisaje utilizados han dependido de la información que con la calidad y a la escala adecuada, poseen los países.

Siguiendo el común denominador de las diferentes escuelas en materia de clasificaciones jerárquicas para la determinación de la unidad elemental, la utilización de variables edáficas de uso corriente, con límites precisos, agregándole otras variables de importancia ecológica como exposición al sol y al viento, rocosidad, etc. El sistema debe quedar abierto a la incorporación de las variables que se requieran para discriminar formas de vida, productividad primario u otros atributos del ambiente de interés para algún uso en particular.

La presente propuesta tiene sus orígenes en un trabajo de relevamiento de suelos a escala 1:40.000 de todo el país que realizáramos en la década de 1970 y su posterior digitalización en SIG. A los efectos de generar un sistema jerárquico con unidades anidadas (de cientos de miles de hectáreas) a partir de la unidad de mayor resolución la que se denominó sitio o complejo de sitios (siguiendo la usanza tradicional); las que se agrupan en Distritos, con el criterio geomorfológico de la relación pendiente-procesos; y finalmente en Eco-zonas siguiendo un criterio de unidades morfo-geo-estructurales sobre la base de una revisión de la historia geológica del territorio y los procesos geomorfológicos que actuaron sobre ella desde el Cretácico al Holoceno. Las unidades mayores se clasifican según un criterio climático (Koëpen), aunque todo el país se encuentre incluido en una única Provincia.

Luego a partir de la revisión de formas de vida y la presencia/ausencia de vertebrados y cruzar con los registros de distribución de especies, se generalizan las Eco-zonas en Eco-regiones.

Fue dividido el territorio en cuadrículas, a los efectos de determinar la diversidad de especies atribuyendo cada especie a la Eco-zona cuyo hábitat coincidiera con los

requerimientos de la especie para luego desarrollar una propuesta de corredores ecológicos

El presente trabajo implicó la clasificación por su similitud de respuesta ecosistémica de 33.608 polígonos que estaban agrupados en 188 unidades de suelo con diferentes resoluciones espacial, en un número menor de Sitios o Complejos de Sitios, los que se agruparon a su vez, en Distritos, Eco-zonas y Eco-regiones en el marco de una Clasificación de Paisaje jerárquica y anidada.

El Sitio fue caracterizado por variables intrínsecamente asociadas a procesos genéticos vinculados a las vertientes, como son la **edafización** y la **morfogénesis**, tomando en consideración variables ambientales y además la pendiente en la cual se encuentra inserto.

El Distrito fue generado a partir del análisis de la pendiente, que para Uruguay se discriminan en cuatro rangos, a saber: Depresión (humedales), Plano (disectado o no), Ondulado (colinas), Serrano (cerros), en una segunda instancia se crean unidades mediante la agrupación de los Distritos agrupados por rangos de pendiente, en Distritos reagrupados por proximidad geográfica, para generar unidades representables a escalas menores, Se discute luego la relaciones sitio-distrito a nivel de procesos característicos de la relación pedogénesis-morfogénesis. Se discuten los resultados del cruzamiento de sitios con las formas de vida vegetales que sobre ellos se desarrollan a nivel de comunidades a saber: uliginosas, pradera estival-invernal, pradera arbolada, bosque fluvial, bosque serrano y arbustal, etc. y los ajustes y desajustes entre estas y los sitios relevados.

Finalmente, se establecen los criterios para diferenciar las unidades jerárquicamente superiores (Eco-zona), agrupando en ellas a las grandes regiones morfo-geo-estructurales en que se divide el territorio del Uruguay, atendiendo a los registros de fauna de vertebrados existentes en colecciones del país y del exterior.

El sistema propuesto se ha comprobado es adecuado para estudios de biodiversidad, más allá de incongruencias menores, la mayoría de las cuales son atribuibles a razones de historia biogeográfica del cuaternario reciente, y en particular de los cambios climáticos ocurridos en la zona durante el Holoceno tardío (Pequeña Edad del Hielo).

La información recabada durante los estudios que concluyeron con el relevamiento de Suelos del Uruguay, permitió la realización de una clasificación jerárquica del territorio con unidades anidadas claramente definidas por intervalos cuantitativos, y verificables.

La información disponible de atributos del paisaje, resultó pertinente y suficiente para la realización de una clasificación de unidades territoriales, que permitió discriminar las características del paisaje.

Los resultados permitirán generar **instrumentos para la gestión del territorio**, dado que esta regionalización puede permitir establecer políticas de manejo sustentable del

mismo, incluyendo servicios ecosistémicos y áreas protegidas en sus diversas categorías, así como comenzar procesos de evaluación estratégica ambiental.

La integración de hábitats, servicios ecosistémicos (incluyendo servicios de abastecimiento *sensu* Constanza *et al.*, 1997) y sus nexos con la biodiversidad condicionados por la estructura física, permitirá contribuir al análisis crítico que bajo el concepto de “uso de los recursos naturales”, está realizando la sociedad uruguaya.

Palabras clave:

Paisaje, clasificación jerárquica, aproximación eco-regional, Sitio, Distrito, Eco-zona, Uruguay

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------------------|
| <i>Agradecimientos</i> | <i>i</i> |
| <i>Resumen</i> | <i>iii</i> |
| <i>Índice general</i> | <i>vi</i> |
| <i>Índice de figuras</i> | <i>x</i> |
| <i>Índice de tablas</i> | <i>xiv</i> |
| Capítulo 1. <i>Introducción general</i> | 1 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 2 |
| 1.2. Justificación de la temática | 8 |
| 1.3. Antecedentes generales | 10 |
| 1.3.1. Sistemas de Clasificación de Paisaje. Antecedentes en el mundo | 10 |
| 1.3.2. Antecedentes en Uruguay | 16 |
| 1.4. Objetivo general | 18 |
| 1.5. Objetivos particulares | 18 |
| 1.6. Área de estudio | 19 |
| 1.7. Plan de trabajo de la tesis | 20 |
| Capítulo 2. <i>Sistematizar para entender. Evolución conceptual de las Clasificaciones de Paisaje</i> | 22 |
| Introducción | 23 |
| 2.1. El Sitio, la unidad elemental | 23 |
| 2.1.1. Definición y características principales | 23 |
| 2.1.2. Concepto de Sitio. Origen y evolución | 26 |
| 2.1.3. El Sitio y su relación con las unidades superiores de una clasificación de paisajes..... | 30 |
| 2.1.4. Bases conceptuales para la Caracterización de Sitios | 32 |
| 2.2. El relieve como estructurador del paisaje | 35 |
| 2.2.1. Definición y características principales | 35 |
| 2.2.2. Clasificaciones para cartografía de pequeña escala..... | 35 |
| 2.2.3. Clasificaciones por regiones morfogénicas | 39 |
| 2.3. Clasificaciones objetivas | 43 |
| 2.3.1. Clasificación por procesos morfogénicos a nivel de toposecuencia..... | 44 |
| 2.4. Relaciones entre Distrito (relieve) y Sitio | 46 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5. Lecciones aprendidas. Algunas puntualizaciones sobre Distrito (relieve) y Sitio a ser tenidas en cuenta para una nueva propuesta de Clasificación de Paisajes..... | 49 |
| Capítulo 3. Entender para construir. Analizando las variables usadas en las Clasificaciones de Paisaje | 51 |
| Introducción | 52 |
| 3.1. Sitio, variables derivadas de los procesos de edafización..... | 52 |
| 3.1.1. Textura y profundidad | 52 |
| 3.1.2. Drenaje e hidromorfismo | 53 |
| 3.1.3. Concentración iónica (pH/salinidad) | 54 |
| 3.1.4. Rocosidad | 54 |
| 3.1.5. Variables opcionales..... | 55 |
| 3.2. Distrito, variables derivadas de los procesos de morfogénesis..... | 58 |
| 3.2.1. Análisis de rangos de pendiente, geoformas y procesos asociados a ellas | 58 |
| 3.2.2. Distrito depresional | 59 |
| 3.2.3. Distrito Plano | 62 |
| 3.2.4. Distrito Ondulado | 66 |
| 3.2.5. Distrito Serrano | 67 |
| 3.2.6. Distrito Montano | 70 |
| Capítulo 4. Reconstruir para avanzar. La historia geológica y la evolución del paisaje en Uruguay..... | 74 |
| Introducción | 75 |
| 4.1. Fundamentos de la definición de Eco-zonas | 75 |
| 4.2. La Historia geológica del paisaje | 76 |
| 4.2.1. Geología Regional | 76 |
| 4.2.2. Reseña de la Geología del Fanerozoico de Uruguay. Del Paleozoico hasta el presente | 79 |
| 4.2.3. Geomorfología del Uruguay | 87 |
| Capítulo 5. Materiales y Métodos | 91 |
| 5.1. Algunas precisiones metodológicas..... | 92 |
| 5.1.1. Criterios de clasificación | 92 |
| 5.2. Características y construcción del S.I.G..... | 94 |
| 5.3. Definición de las Variables utilizadas para la clasificación..... | 95 |
| 5.4. Rangos de pendiente – Variable para Sitio y Distrito..... | 96 |

| | |
|--|------------|
| 5.5. Atributos edáficos y ambientales – Variables para Sitio..... | 99 |
| 5.6. Rangos generados a partir de variables morfo-geo-estructurales y biológicas. Eco-zonas y Eco-regiones | 100 |
| 5.7. Corredores de conservación..... | 105 |
| 5.8. Rangos generados a partir de información climática | 106 |
| Capítulo 6. Resultados | 107 |
| Introducción | 108 |
| 6.1. Primeros resultados. Expresión territorial de las variables de origen edáfico y morfogenético | 110 |
| 6.1.1. Variable- Profundidad | 110 |
| 6.1.2. Variable - Textura | 112 |
| 6.1.3. Variable – Drenaje | 116 |
| 6.1.4. Variable – Hidromorfismo | 120 |
| 6.1.5. Variable – pH o salinidad | 123 |
| 6.1.6. Variable – Rocosidad | 125 |
| 6.1.7. Variable - Opcional | 127 |
| 6.1.8. Vegetación potencial | 130 |
| 6.2. La energía del relieve, Distrito. segunda categoría de la Clasificación de Paisajes e insumo adicional para definir unidades elementales | 134 |
| 6.2.1. Analizando el territorio por rangos de pendiente y procesos asociados | 134 |
| 6.2.2. Agrupando los rangos de pendiente en cuatro rangos generalizables por procesos | 136 |
| 6.3. Sumando variables. Propuesta de unidad elemental: el Sitio..... | 139 |
| 6.3.1. Unidades básicas determinadas por factores edáficos con la variable opcional | 139 |
| 6.3.2. Sitios: Unidades básicas determinadas por factores edáficos con la variable opcional y pendientes agrupadas..... | 142 |
| 6.3.3. Sitios definidos por una sola variable..... | 147 |
| 6.4. Unidades morfo-geo-estructurales - Eco-zona | 151 |
| 6.4.1. El Marco Estructural | 154 |
| 6.4.2. Características del paisaje de las diferentes regiones morfo-geo-estructurales..... | 154 |
| 6.4.3. Paleosuperficies..... | 159 |
| 6.4.4. Consideraciones finales | 165 |
| 6.5. Eco-regiones. Uniendo el paisaje y la biodiversidad a una escala de planificación | 168 |

| | |
|--|------------|
| 6.6. Estableciendo conexiones. Propuesta de corredores de conservación | 172 |
| 6.6.1. Distribución de conectores por Eco-región..... | 175 |
| 6.6.2. Algunos ejemplos de conectores al interior de una Eco-región | 176 |
| 6.7. Provincia. La unidad determinada por el clima | 181 |
| 6.8. Algunos ejemplos de la clasificación de paisaje y la espacialización de sus unidades | 185 |
| Capítulo 7. Conclusiones | 188 |
| 7.1. Respecto al objetivo general | 189 |
| 7.2. Respecto a los objetivos particulares | 189 |
| Capítulo 8. Líneas futuras | 192 |
| 8.1. Propuesta de discriminación al interior de los sitios. Variables de estado: Uso, Estilo y Condición..... | 193 |
| 8.2. Propuesta de validación de relaciones de los principales procesos geomorfológicos activos | 194 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 195 |
| Anexos | 217 |
| Anexo 1. Listado de publicaciones relacionadas con la tesis..... | 218 |
| Listado de publicaciones académicas - Capítulos..... | 218 |
| Listado de publicaciones no académicas - Informes técnicos..... | 218 |
| Anexo 2. Breve caracterización de los 95 Sitios propuestos | 219 |
| Anexo 3. Relación entre Sitios y Eco-zonas | 228 |

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

| | |
|---|----|
| Figura 1.1. Uruguay. Recuadro superior izquierdo: América del Sur..... | 19 |
|---|----|

CAPÍTULO 2. SISTEMATIZAR PARA ENTENDER. EVOLUCIÓN CONCEPTUAL DE LAS CLASIFICACIONES DE PAISAJE

| | |
|---|----|
| Figura 2.1. Componentes relacionados con el Sitio, que caracterizan a diversas jerarquías del sistema de clasificación de paisajes. | 25 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Figura 2.2. Elementos para la caracterización del sitio (Francis, 1984)..... | 34 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Figura 2.3. Zonificación morfoclimática de Büdel (1963 en Christofolletti, 1980) que combina factores climáticos, paleoclimáticos y otros como petrografía, epirogenésis, nivel de base, influencia del relieve global y acción humana: 1. Zona glaciaria (polos y montañas elevadas); 2. Zona de formación pronunciada de valles (regiones subpolares, libres de hielo y permafrost); 3. Zona extratropical de formación de valles (mayoría de las regiones de latitudes medias caracterizadas actualmente por procesos moderadamente activos subordinados a testigos fósiles de períodos glaciares); 4. Zona subtropical de pedimentos y formación de valles; 5, Zona tropical de formación de superficies de aplanamiento..... | 43 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Figura 2.4. Clasificación de pendientes según Dalrymple <i>et al.</i> (1968, en Christofolletti, 1980). La línea punteada indica el límite inferior de formación de suelos..... | 45 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Figura 2.5. Pendientes según Troeh (modificado de Fairbridge, 1968)..... | 45 |
|---|----|

CAPITULO 3. ENTENDER PARA CONSTRUIR. ANALIZANDO LAS VARIABLES USADAS EN LAS CLASIFICACIONES DE PAISAJE

| | |
|---|----|
| Figura 3.1. Representación gráfica de distrito depresional en cuenca endorreica..... | 60 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Figura 3.2. La gráfica muestra las tasas de sedimentación del fondo de la Laguna de Peña, que se origina por el cierre de su cuenca por dunas transgresivas hace 2.400 años, nótese el ritmo creciente de sedimentación a partir de los últimos años, vinculado a los cambios climáticos del Holoceno, y más recientemente incrementado, por el cambio de uso del suelo, desde la introducción de la ganadería (del Puerto <i>et al.</i> , 2013)..... | 61 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Figura 3.3. Representación gráfica de Distrito plano de terrazas y ondulaciones. | 64 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Figura 3.4. Representación gráfica de Distrito Ondulado, paisaje autónomo de colinas y planos..... | 67 |
|---|----|

Figura 3.5. Representación gráfica de Distrito Serrano, paisaje autónomo de cerros. 68

Figura 3.6. Representación gráfica de Distrito Montañó, paisaje autónomo de montañas, modelado por procesos glaciares (circos). 72

CAPITULO 4. RECONSTRUIR PARA AVANZAR. LA HISTORIA GEOLÓGICA Y LA EVOLUCIÓN DEL PAISAJE EN URUGUAY

Figura 4.1. Dominios tectónicos de Uruguay. Distribución espacial de las cuencas sedimentarias Paraná y Chacho-Paraná (Paleozoico a Mesozoico). Modificado de Milani (1997). 77

Figura 4.2. Mapa esquemático mostrando la distribución geográfica de la Provincia Ígnea de Paraná señalando la distribución áreas de alto y bajo Ti. Se indican las principales elevaciones del basamento de la cuenca (arcos de Ponta Grossa, Torres y Río Grande). Modificado de Piccirillo y Melfi (1988). 77

Figura 4.3. Principales unidades geológicas de Uruguay (no se exhibe la cobertura Cenozoica): terrenos Precámbricos y zonas de cizalla; sedimentos Paleozoicos, flujos de lava basálticos del Mesozoico y cuencas relacionadas a rifts (Modificado de Sánchez Bettucci *et al.*, 2010b, de acuerdo con Preciozzi *et al.*, 1985 y Bossi y Ferrando, 2000). Zonas de cizallas: 1) Paso Lugo, 2) Cufre, 3) Mosquitos, 4) Sarandí del Yí, 5) Sierra Ballena, 6) Cordillera, 7) Rocha, 8) Cueva del Tigre, 9) Fraile Muerto – María Albina, 10) Tupambaé, 11) Cerro Amaro, 12) Rivera. 78

Figura 4.4. Sedimentos loésicos pueden ser vistos en el acantilado, mostrando un continuo proceso de formación de suelo correspondiente a la Fm. Libertad I (Cuaternario). La línea roja punteada indica la discordancia con la Fm. Raigón del Plioceno Final. 85

CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MÉTODOS

Figura 5.1. Esquema de unidades que integran el Sistema de Clasificación de Paisajes. 93

Figura 5.2. El Sitio y las variables que lo definen. 96

Figura 5.3. Mapa generalizado de Biozonas para la fauna (vertebrados) y flora (leñosa) de Uruguay a nivel de cuadrículas (Brazeiro *et al.*, 2015). 103

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

Figura 6.1. Distribución espacial para Uruguay de los rangos de Profundidad del suelo. 111

Figura 6.2. Distribución espacial para Uruguay de los rangos de Textura del suelo. 113

| | |
|--|-----|
| Figura 6.3. Distribución espacial para Uruguay de rangos combinados de Profundidad-Textura del suelo..... | 115 |
| Figura 6.4. Distribución espacial para Uruguay de los rangos de Drenaje del suelo..... | 119 |
| Figura 6.5. Distribución espacial para Uruguay de los rangos de Hidromorfismo del suelo..... | 122 |
| Figura 6.6. Distribución espacial para Uruguay de los rangos de pH o Salinidad del suelo..... | 124 |
| Figura 6.7. Distribución espacial para Uruguay de rangos de Rocosidad del suelo..... | 126 |
| Figura 6.8. Distribución espacial para Uruguay de los rangos de las variables ambientales opcionales..... | 128 |
| Figura 6.9. Distribución espacial de la vegetación potencial natural para cada sitio. | 132 |
| Figura 6.10. Distribución espacial de rangos de pendientes para Uruguay (Panario y Gutiérrez, 2011 en Panario <i>et al.</i> , 2011). | 135 |
| Figura 6.11. Distribución espacial de la Clasificación de Distritos a partir de los cuatro rangos de pendientes agrupados para Uruguay (Panario y Gutiérrez, 2011 en Panario <i>et al.</i> , 2011), usado también como variable complementaria para discriminar a nivel de Sitio. | 137 |
| Figura 6.12. Distribución espacial de la propuesta de Unidades básicas (66) determinadas por los seis factores edáficos más la variable opcional para Uruguay (Panario <i>et al.</i> , 2011)..... | 141 |
| Figura 6.13. Distribución espacial de la propuesta de Sitios (95 unidades) para Uruguay, determinadas por la variable pendiente, los seis factores edáficos más la variable opcional (Panario y Gutiérrez, 2011 en Panario <i>et al.</i> , 2011). | 146 |
| Figura 6.14. Distribución espacial de las Eco-zonas en el Sistema de Clasificación de Paisajes de Uruguay (Panario y Gutiérrez, 2011 en Panario <i>et al.</i> , 2011)..... | 152 |
| Figura 6.15. Paisaje extremadamente plano con suelos superficiales en la zona basáltica del Norte de Uruguay, formado a partir de un glacis de erosión. | 155 |
| Figura 6.16. Retroceso de escarpa con perfil cóncavo recesional característico de la zona basáltica de Uruguay. | 156 |
| Figura 6.17. Ejemplos de tors (a) y corestones (b) que pueden ser observados en rocas graníticas en la cima de las colinas de las Sierras de Carapé..... | 161 |
| Figura 6.18. (a) la línea punteada señala el cambio en la superficie del paisaje. Arriba se encuentran relictos de dos paleosuperficies señalados por la línea punteada celeste (la más baja) y la línea punteada roja (la más alta). La poca diferencia de relieve entre ambas sugiere que estas dos superficies son coetáneas o separadas por un muy corto lapso de tiempo. (b) vista | |

| | |
|---|-----|
| panorámica de la superficie topográfica superior, en la que se pueden observar las superficies más bajas. | 162 |
| Figura 6.19. Distribución espacial de las siete Eco-regiones en el Sistema de Clasificación de Paisajes de Uruguay (elaboración Panario, Gutiérrez y Brazeiro) (Brazeiro <i>et al.</i> , 2015)..... | 169 |
| Figura 6.20. Distribución de los conectores a nivel de las Eco-regiones en Uruguay (Gutiérrez <i>et al.</i> , 2012, 2015)..... | 173 |
| Figura 6.21. Distribución de los conectores regionales (a escala país) en Uruguay (Gutiérrez <i>et al.</i> , 2012, 2015)..... | 174 |
| Figura 6.22. Distribución espacial de conectores eco-regionales a nivel de la Eco-región Cuesta Basáltica, con énfasis en conectores de monte indígena ribereño y conectores de áreas significativas de pastizal. | 177 |
| Figura 6.23. Distribución espacial de Conectores Eco-regionales para la Eco-región Cuenca sedimentaria gondwánica, con énfasis en conectores de monte indígena ribereño y conectores de áreas significativas de pastizal..... | 178 |
| Figura 6.24. Distribución espacial de Conectores Eco-regionales para la Eco-región Sierras del Este, con énfasis en conectores de monte indígena serrano y conectores de áreas significativas de pastizal-..... | 179 |
| Figura 6.25. Provincias climáticas de América del Sur según Köppen-Geiger, actualizadas por Peel <i>et al.</i> (2007), Cfa corresponde a Uruguay. | 182 |
| Figura 6.26. Distribución del bioma de pastizales de la Cuenca del Plata (Soriano <i>et al.</i> , 1992), indicando el alcance de la Provincia fitogeográfica Pampa (según Bilenca y Miñaro, 2004). | 183 |
| Figura 6.27. Relaciones entre las unidades de la Clasificación de Paisajes representables a distintas escalas para Uruguay. Pueden observarse los tres distritos anidados en la Eco-zona de la Cuesta Basáltica. A su vez, cada Distrito, tiene un conjunto de Sitios también anidados. Abajo a la derecha: detalle del patrón de Sitios.- A efectos de su identificación, se incluye un número que se corresponde con su descripción en el “Anexo 2. Breve caracterización de los 95 Sitios propuestos”. | 186 |
| Figura 6.28. Relaciones entre las unidades de la Clasificación de Paisajes representables a distintas escalas para Uruguay. Pueden observarse los tres distritos anidados en la Eco-zona de la Sierra del Este. A su vez, cada Distrito, tiene un conjunto de Sitios también anidados. Abajo a la derecha: detalle del patrón de Sitios.- A efectos de su identificación, se incluye un número que se corresponde con su descripción en el “Anexo 2. Breve caracterización de los 95 Sitios propuestos”. | 187 |

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2. SISTEMATIZAR PARA ENTENDER. EVOLUCIÓN CONCEPTUAL DE LAS CLASIFICACIONES DE PAISAJE

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1. Comparación de la sistematización Jerárquica de pautas del paisaje en varios tipos de prospección integrada (González Bernáldez, 1981). | 28 |
| Tabla 2.2. Esquemmatización de los criterios de la clasificación geomorfológica. | 36 |
| Tabla 2.3. Esquemmatización de los criterios de la clasificación geomorfológica de von Engel (1942). | 37 |
| Tabla 2.4. Esquemmatización de los criterios de la clasificación geomorfológica de Löbeck (1939). | 38 |
| Tabla 2.5. Clasificación de figuras geomorfológicas de Tricart y Cailleux (1965). | 40 |
| Tabla 2.6. Clasificación basada en precipitación y la temperatura, según Peltier (1950). | 41 |
| Tabla 2.7. Esquemmatización de los criterios de la clasificación geomorfológica de Tricart y Cailleux (1965). | 42 |
| Tabla 2.8. Las nueve unidades básicas de las vertientes según Dalrymple <i>et al.</i> (1968) y los procesos morfogenéticos asociados a las mismas. | 44 |
| Tabla 2.9. Clasificación de pendientes según Miller y Sumerson (1960). | 46 |
| Tabla 2.10. Clasificación de paisajes elementales según el tipo de migración de los elementos químicos (Glazovskaya, 1963). | 48 |

CAPITULO 3. ENTENDER PARA CONSTRUIR. ANALIZANDO LAS VARIABLES USADAS EN LAS CLASIFICACIONES DE PAISAJE

| | |
|--|----|
| Tabla 3.1. Aptitud de los suelos para el crecimiento de las plantas, según sus propiedades químicas (Dirección de Suelos, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca del Uruguay - Tabla de uso interno). | 57 |
| Tabla 3.2. Unidades de distrito y procesos geomorfológicos asociados. | 59 |
| Tabla 3.3. Clasificación de montañas según Fairbridge (1968). | 71 |

CAPITULO 4. RECONSTRUIR PARA AVANZAR. LA HISTORIA GEOLÓGICA Y LA EVOLUCIÓN DEL PAISAJE EN URUGUAY

| | |
|---|----|
| Tabla 4.1. Esquema del Fanerozoico y edades aproximadas para cada subdivisión. | 80 |
| Tabla 4.2. Unidades Cenozoicas de Uruguay (modificadas de Panario y Gutiérrez, 1999 y de Ubilla <i>et al.</i> , 2004). | 90 |

CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MÉTODOS

| | |
|---|-----|
| Tabla 5.1. Rango de pendiente utilizado para caracterizar la pendiente de los Distritos..... | 97 |
| Tabla 5.2. Rango de pendientes agrupadas usadas para caracterizar la primera variable del Sitio. | 98 |
| Tabla 5.3. Variables, categorías y códigos utilizados en la nomenclatura de los Sitios..... | 99 |
| Tabla 5.4. Explicación de las abreviaturas usadas para la confección de la nomenclatura del sistema de clasificación a escala de Sitios. | 101 |
| Tabla 5.5. Información sobre la diversidad de leñosas y vertebrados de Uruguay. Se brinda información de la riqueza total de especies del grupo, el número de registros disponible, el número de especies que pudo ser modelada y los especialistas responsables en cada caso (Proyecto “Bases para la Planificación eco-regional de Uruguay” (Proyecto FC/Vida Silvestre/CIEDUR/Sociedad Zoológica-PPR-MGAP, Brazeiro <i>et al.</i> , 2015). | 104 |

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

| | |
|---|-----|
| Tabla 6.1. Distribución de rangos de Profundidad del suelo a nivel del territorio uruguayo..... | 110 |
| Tabla 6.2. Distribución de rangos de Textura del suelo a nivel del territorio uruguayo..... | 112 |
| Tabla 6.3. Distribución de la variable compuesta Profundidad-Textura, considerada a partir de la profundidad útil del suelo. | 114 |
| Tabla 6.4. Distribución de tipos de Drenaje del suelo a nivel del territorio uruguayo..... | 116 |
| Tabla 6.5. Distribución de los grados de Hidromorfismo del suelo a nivel del territorio uruguayo..... | 121 |
| Tabla 6.6. Distribución de suelos por rangos de pH o Salinidad a nivel del territorio uruguayo..... | 123 |
| Tabla 6.7. Distribución de suelos por rangos de rocosidad a nivel del territorio uruguayo..... | 125 |
| Tabla 6.8. Distribución espacial de otros factores que afectan la aptitud de un Sitio a nivel del territorio uruguayo..... | 127 |
| Tabla 6.9. Distribución espacial de otros factores que afectan la aptitud de un Sitio a nivel del territorio uruguayo Vegetación potencial. | 131 |
| Tabla 6.10. Superficie ocupada por cada uno de los ocho rangos de pendiente asociados a procesos geomorfológicos a nivel del territorio uruguayo. | 134 |
| Tabla 6.11. Superficie ocupada por las cuatro formas básicas de pendiente a nivel del territorio uruguayo. | 136 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 6.12. Nomenclatura de las 66 Unidades básicas obtenidas del cruce de las seis (6) variables físicas y la variable opcional (ver Tabla 5.3)..... | 140 |
| Tabla 6.13. Distribución de Sitios, se incluye la información de la vegetación potencial correspondiente a cada uno de ellos. | 143 |
| Tabla 6.14. Nomenclatura para sitios de una sola variable. | 147 |
| Tabla 6.15. Sitios más representativos para Uruguay (ver Tabla 6.13 y Tabla Anexo 0.1).. | 148 |
| Tabla 6.16. Eco-zonas para Uruguay (unidades morfo-geo-estructurales). | 151 |
| Tabla 6.17. Eco-regiones para Uruguay (unidades bio-geo-físicas). | 168 |
| Tabla 6.18. Superficies por clase de conector a nivel de las Eco-regiones. | 172 |
| Tabla 6.19. Superficies por clase de conectores regionales (a escala país). | 175 |
| Tabla 6.20. Distribución espacial de conectores por eco-región (en hectáreas), porcentaje relativo de distribución de conectores por eco-región y porcentaje relativo de superficie de conectores respecto al tamaño de cada eco-región. | 176 |
| Tabla 6.21. Tipos de conectores para la Eco-región Cuesta Basáltica. | 177 |
| Tabla 6.22. Tipos de conectores para la Eco-región Cuenca sedimentaria gondwánica. | 178 |
| Tabla 6.23. Tipos de conectores para la Eco-región Sierras del Este. | 179 |

ANEXO

| | |
|--|-----|
| Tabla Anexo 0.1. Sitios y su ocurrencia en las diferentes zonas morfo-geo-estructurales. | 228 |
|--|-----|

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN GENERAL



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las últimas décadas, conjuntamente con el reconocimiento del extraordinario valor de la biodiversidad (p. ej.: Meffe y Carroll, 1995; Constanza *et al.*, 1997; Daily, 1997; Constanza, 1999; Norberg, 1999; Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Gómez-Baggethun *et al.*, 2010), cada vez se percibe con mayor claridad su fragilidad ante las presiones impuestas por el desarrollo económico (p. ej.: Chapin *et al.*, 2000; Tilman, 2000). La especie humana ya ha causado la extinción del 5-20% de las especies de aves, mamíferos, peces y plantas de la Tierra (Pimm *et al.*, 1995; Gómez-Baggethun *et al.*, 2010), y se estima que la actual tasa de extinción es entre 100 y 1000 veces mayor que la tasa en etapas pre-antropización de los ecosistemas (Wilson, 1992; Pimm *et al.*, 1995; Lawton y May, 1995). De hecho, la pérdida de biodiversidad derivada de la actividad humana, constituye uno de los principales problemas ambientales a escala global (Chapin *et al.*, 2000). Hoy día se ha llegado a un consenso respecto a la necesidad imperiosa de preservar la integridad ecológica de la naturaleza para conservar los valiosos bienes y servicios que ésta proporciona a la humanidad (p. ej.: Meffe y Carroll, 1995; Sullivan-Sealey y Bustamante, 1999). El término *Antropoceno* que define a la nueva era geológica en la cual nos encontramos, fue acuñado para designar la actual etapa del planeta Tierra, en la cual la humanidad ha emergido como una nueva fuerza capaz de dominar los procesos biofísicos fundamentales que controlan la dinámica global del planeta (Crutzen y Stoermer, 2000); tal como sostiene algunos autores, una única especie, el *Homo sapiens* es el motor de todos estos cambios (Duarte *et al.*, 2009), a partir de realizar un uso tan intenso como desordenado de la naturaleza, lo que lo ha convertido en la “especie ingeniera de ecosistemas” más importante del planeta (Jones *et al.*, 1994).

Según Paruelo *et al.* (2004) en América Latina, donde la economía depende fundamentalmente de los recursos naturales tanto para la producción agropecuaria como para el turismo y la generación de energía; el mantenimiento de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos derivados de la condición de los ecosistemas, es de una importancia fundamental para el incremento de la calidad de vida de la población de forma duradera; y así poder enfrentar los desafíos que plantea el cambio climático, las invasiones de especies exóticas y el rápido cambio del uso del suelo, provocado por el incremento explosivo en los últimos años de cultivos agroindustriales como la soja transgénica y la agroforestería.

Los avances de Uruguay respecto a la conservación de su biodiversidad son incipientes, ya sea dentro como fuera de las áreas protegidas. Uruguay tiene una superficie oficialmente protegida menor al 2% de su territorio (DINAMA, 1999) buena parte de la cual en realidad se trata de parques públicos forestados con especies exóticas con

escaso valor ecológico, o áreas incluidas en la Convención de Ramsar y reservas de la biósfera de la UNESCO, pero sin protección real. Aún si fueran áreas con interés ecológico y realmente protegidas, igualmente sería un porcentaje sumamente bajo tanto a nivel mundial como sudamericano, y está muy por debajo del 10% recomendado por expertos (p. ej.: Meffe y Carroll, 1995; Soule y Sanjayan, 1998) y por la Convención sobre Diversidad Biológica. Sin embargo, la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) está actualmente impulsando la implementación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), con apoyo del GEF (Proyecto “Fortalecimiento de Capacidades para la Implementación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Uruguay”, DINAMA/MVOTMA - PNUD/GEF, URU/05/001).

Si bien en el futuro, el SNAP será una herramienta esencial de conservación, no será suficiente para evitar la erosión de la biodiversidad y la pérdida de servicios ecosistémicos a escala nacional. La acelerada expansión de la actividad agrícola intensiva que en los últimos 20 años ha incrementado en 2.5 millones de hectáreas (aprox. más de un 30% del área tradicional) la proporción de pastizales y bosques convertidos en cultivos (Evia, 2007), la escasez de tierras públicas, y las dificultades económicas para adquirir tierras por parte del Estado, así como la existencia reciente de una ley que transfiere las tierras públicas al Instituto Nacional de Colonización para adjudicarlas a productores rurales o efectuar su venta para adquirir tierras “productivas”, seguramente pondrán un límite a las posibilidades del SNAP como herramienta de conservación de la biodiversidad nacional. Por lo tanto, las estrategias de conservación en espacios productivos, fuera de áreas protegidas, constituye otro gran desafío para lograr un desarrollo sostenible en el país.

Ambas estrategias de conservación, dentro y fuera de áreas protegidas, deberían articularse para promover la conservación y uso responsable de la biodiversidad en el territorio nacional, enfocando aquellas áreas que por su relevancia ecológica y grado de naturalidad sean consideradas prioritarias. Si bien Uruguay ha demostrado interés en proteger su biodiversidad, suscribiendo convenios y tratados internacionales (ej.: Convenio sobre Diversidad Biológica, Reservas de Biosfera, Convención de Ramsar), y promulgado leyes nacionales de protección (ej.: Fauna indígena: Nº 9.481/1935, Forestal: Nº 15.939/1987, Medio Ambiente: Nº 16.466/1994, SNAP: Nº 17.234/2000, General de Medio Ambiente Nº 17.283/2000), aún no contaba con una eco-regionalización consensuada, ni tampoco con estudios sistemáticos de priorización de áreas para la conservación a nivel nacional, ni pautas para un uso agropecuario sustentable de los ecosistemas y paisajes, más allá de la Ley de Uso y Conservación de los Suelos y de las Aguas: Nº 15.239/1982, muy limitada en sus alcances y de difícil aplicación, todo lo cual ya ha redundado en un fuerte deterioro de las aguas superficiales.

Cabe señalar que varios autores (Caldevilla, 1977; Laffitte, 1980; Sans, 1990; Panario, 1991; Gutiérrez, 1993; Gudynas, 1994) han señalado la relevancia de algunas áreas particulares, pero sin embargo, estas propuestas no responden a un análisis integrado y sistemático de la información disponible, basado en métodos y criterios ecológicos, sino más bien a la opinión y experiencia de los técnicos involucrados sobre las áreas particulares.

La falta de una visión integrada a escala nacional sobre las áreas de prioridad para la conservación, fue advertida en la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica de Uruguay (DINAMA, 1999) como un problema grave, y por lo tanto, se estableció como una directriz prioritaria en dicha Estrategia Nacional: “Proponer un estudio que fije prioridades en cuanto a cuáles son las áreas más urgentes e importantes a proteger”.

Esta precaria situación de Uruguay en cuanto a la falta de bases para la planificación socioecológica (en el sentido de conservación y uso sostenible de la biodiversidad y en general de los servicios ecosistémicos a nivel nacional), constituye el problema central que la presente propuesta pretende atender a partir de contar con una clasificación eco-regional, que permita planificar propuestas de manejo sustentable de los agroecosistemas que mantengan los flujos de los servicios ecosistémicos. Así se pretende no sólo preservar la biodiversidad, sino a través de ella, poder suministrar servicios para incrementar y mantener el bienestar de la sociedad (Martín Lopez y Montes, 2009). Para ello se debe romper el pensamiento maniqueo de paisaje protegido versus no protegido. Esta propuesta pretende generar la línea de base biofísica para esa planificación, que permitirá establecer dónde se producen, cómo se producen y cuáles son los flujos de servicios generados por el paisaje, que permita investigar las claves de su resiliencia, de manera que se puedan mantener las funciones ecosistémicas a pesar de las necesarias perturbaciones impuestas por la producción de los servicios de abastecimiento.

La presente tesis se orienta a generar el conocimiento del territorio necesario para enmarcarse en lo que se conoce como el Enfoque Eco-Regional de Conservación (EERC), desarrollado por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y el Banco Mundial, para la evaluación de las eco-regiones del planeta (www.worldwildlife.org/science/ecoregions). Las metas fundamentales subyacentes al EERC, son: (1) representación de todas las comunidades naturales; (2) mantener los procesos ecológicos y evolutivos que generan y mantienen a la biodiversidad, y con ella la resiliencia; (3) mantener poblaciones viables; y (4) conservación de bloques de hábitats naturales suficientemente grandes como para hacer frente al régimen de perturbaciones naturales y cambios de gran escala (p. ej.: Cambio Global), a lo que se agrega el mantenimiento de aquellos servicios ecosistémicos que sustentan el desarrollo económico y social.

Conceptualmente una eco-región es una unidad relativamente grande de tierra o agua que contiene un ensamblaje de comunidades naturales distintivo, que se caracterizan por compartir una mayoría de especies, en un marco de condiciones ambientales y de dinámica común. Las eco-regiones terrestres se caracterizan en general por el tipo de vegetación dominante, ya que las especies de plantas dominantes responden en gran medida a la estructura física de los ecosistemas terrestres, y por ello, las comunidades de animales también tienden a tener una unidad o expresión geográfica característica dentro de la misma región.

En particular, para esta tesis se siguen los lineamientos de enfoque eco-regional desarrollados en las propuestas de Ecomap (1993), Dinerstein *et al.* (1995, 2000), Consejería de Medio Ambiente (2004), Bailey (2009), Borja *et al.* (2009) y la cartografía de las mismas se desarrolló ajustando la propuesta de Gastó *et al.* (1993a). En todos los casos se desarrollan las modificaciones necesarias para contemplar las condiciones nacionales, considerando especialmente la cantidad y calidad de la información básica disponible, en forma de cartografía temática.

Se pretende además generar un sistema que permita ser relacionado con los países vecinos, con los que se comparte biodiversidad, ecosistemas e información básica comparable.

La generación de una clasificación de paisajes adaptada a las condiciones del relieve y suelos uruguayos, es un insumo fundamental para poder realizar un uso sustentable del territorio y prever la presión futura sobre el mismo, a partir de poder analizar:

- a) la distribución geográfica de la biodiversidad (la distribución de las especies no son patrones constantes, sino que se ven sujetas a procesos evolutivos, objeto de estudio de la Biogeografía histórica),
- b) los usos más probables (según aptitud de los suelos y definiciones de políticas forestales o agrícolas, y/o nuevos desarrollos de infraestructuras asociadas a comunicaciones, urbanización, minería, turismo, etc.),
- c) políticas de conservación, que permitan continuar manteniendo los servicios ecosistémicos, con un uso del territorio que o bien permita mantener el ecosistema dentro de umbrales de resiliencia, o bien permita la reorganización de aquellas partes del mismo en que la agricultura del siglo pasado destruyó un porcentaje importante de las tierras trabajadas.

Los procesos de transformación del paisaje se han visto acelerados en el Nuevo Mundo en general, y en el territorio uruguayo en particular, desde la conquista y la colonización.

Desde la independencia del Uruguay, los factores que inciden negativamente en la conservación de ecosistemas se han acrecentado aceleradamente, siguiendo las tendencias demográficas y de aumento en el uso de los denominados por el sistema

económico “*recursos naturales*” que ocurrió en Occidente durante el siglo XIX y XX, habiendo tenido una significativa aceleración en la primera década del presente siglo. Estas presiones provocaron la extinción de varias especies de vertebrados y la astringencia de la genómica de otras. La incidencia de los efectos antropogénicos no es homogénea en todo el territorio, existiendo históricamente una concentración de impactos humanos en el Sur, Sur-Sureste, y el denominado Litoral Oeste del país sobre el valle del Río Uruguay. Sin embargo, el panorama productivo nacional ha cambiado en los últimos años en función de un cambio tecnológico como lo es el cero laboreo, y el desarrollo explosivo de cultivos como la soja y forestación, que han permitido la intensificación de la explotación de tierras consideradas hasta entonces marginales para la agricultura, permitiendo la instauración de cultivos en ecosistemas previamente destinados a ganadería extensiva.

A estos propósitos es necesario determinar la distribución tanto potencial como actual de las especies en el territorio. Para establecer distribuciones potenciales, se requiere un profundo conocimiento tanto de los requerimientos ecológicos de estas especies, como de los Sitios o Eco-zonas según la escala requerida, que reúnan las condiciones para su eventual aparición.

La distribución potencial de una especie se estima a partir de los registros concretos documentados a través de colecciones, bibliografía que ofrezca respaldo documental (material de referencia conservado) u observaciones de campo, según la disciplina de que se trate (Elith *et al.*, 2006). Dichos registros se asocian, a través de la participación de expertos en biodiversidad, con la mayor cantidad posible de variables ambientales que influyen en la posibilidad de cada especie de estar presente. A partir de la información de una clasificación de paisajes, se puede generar la distribución potencial de las especies de vertebrados (no se posee aún suficiente información de invertebrados como para considerar su distribución potencial o real) y de flora registradas para el país, así como los factores ambientales que podrían estar pautando su distribución. Por ejemplo, marcar los hábitats a los cuales se restringe, indicar de una lista una serie de condiciones ambientales (hábitat y recursos) que la especie necesita, listar una serie de especies vegetales o animales que la especie requiere para subsistir, señalar su capacidad de dispersión, etc. y a partir de estas unidades territoriales, más la incorporación de información climática complementaria, establecer biozonas para diferentes grupos funcionales o comunidades de plantas. Para el caso concreto de peces por ejemplo, los factores ambientales que podrían estar pautando su distribución en el país serían, entre otros, el grado de asociación con aguas claras o turbias, con lechos pedregosos o fangosos, con ciertas comunidades vegetales o con otras especies de peces, el régimen del curso fluvial; y finalmente con su pertenencia a grandes cuencas que funcionen como corredores ecológicos entre Eco-zonas.

Una clasificación de Eco-zonas permite relacionar las especies de leñosas y gramíneas y el tipo de factores ambientales y condiciones meso y micro climáticas a las que se encuentran asociadas, al relacionar sobre qué tipos de suelos se desarrollan, qué pendientes toleran en el terreno en que crecen, qué requerimientos poseen en materia de agua, luz, propiedades fisicoquímicas de los suelos, etc., permite predecir su distribución más allá de los puntos de registro existentes, con elementos de juicio que harían razonablemente probable su aparición. También se requiere conocer la capacidad de dispersión de las especies, que *puede pautar limitaciones en la distribución potencial, ya que hay especies que, por su limitada capacidad de dispersión, no se encuentran en todo el territorio que potencialmente podrían ocupar,* y una clasificación de paisajes de detalle, permite hacer ingresar esta variable al momento del análisis de la distribución.

Por lo tanto, teniendo una cantidad significativa de registros concretos e información acerca de la Historia Natural de los organismos, un **sistema de clasificación de ambientes** permitirá estimar el área total del país donde existen las condiciones para que una especie esté presente, lo cual constituye una buena aproximación a la distribución de las especies, actual y potencial, además de permitir la utilización de registros históricos de especies y datos climáticos a los efectos de una mejor comprensión de las variaciones ocurridas y de las esperables, vinculadas al cambio climático.

Se debe señalar también algunas características de esta metodología, que en algunos casos puede representar limitaciones y en otros contextos ventajas. Las distribuciones de los organismos, al ser dinámicas y haberse visto fuertemente influenciadas por las actividades humanas en los últimos siglos, varían en el tiempo. Los bordes de las distribuciones sufren extensiones y astringencias, ocurriendo extinciones locales y recolonizaciones que han sido estudiadas en el correr de los últimos años en el marco de la Teoría de Metapoblaciones (Brown y Lomolino, 1998). Por lo tanto, la distribución potencial no necesariamente coincide con la genómica actual de una especie, aunque es un punto de partida adecuado para verificar en el terreno los procesos y circunstancias que puedan haber pautado modificaciones distribucionales.

Entre las ventajas que brinda la **clasificación de unidades territoriales anidadas e incorporadas a un S.I.G.** (Sistema de Información Geográfica), es que conocidas las condiciones ambientales existentes en la actualidad, las distribuciones potenciales que se generen tienen alta probabilidad de responder a dichas condiciones, y permiten determinar aquellas áreas donde la especie podría encontrarse en la actualidad aunque aún no se posea el registro. Además en la medida que se consideren escenarios futuros, en particular la expansión geográfica de las tendencias productivas, es posible generar modelos predictivos de las tendencias de astringencia de las especies. El método de estimación de las distribuciones potenciales ofrece innumerables

posibilidades de generar nuevos datos en distintos escenarios, y de allí su ventaja sobre otros métodos para favorecer un proceso continuo de retroalimentación que permita alcanzar los estándares de calidad ecosistémicos que se tengan por objetivo.

El método de estimación de distribuciones potenciales de las especies es también idóneo para su aplicación en el caso uruguayo por otro motivo: en este país los esfuerzos de muestreo que han dado lugar a la formación de las colecciones biológicas existentes no han sido producto de campañas sistemáticas organizadas territorialmente, y por lo tanto no representan evidencia sólida de la distribución nacional de los organismos. Las limitaciones de las bases de datos disponibles se relacionan con el hecho de que hay importantes sesgos en los esfuerzos de muestreo para distintos grupos. Por ejemplo, la mayor representación de varios taxones se concentra en la zona costera y en el período estival, lo cual da la pauta únicamente de que los colectores frecuentaron las zonas balnearias en época de vacaciones. Esto implicaría un abordaje metodológico diferencial para distintas zonas del país, salvo que se trabaje en pos de definir las áreas potenciales de distribución, ya que la naturaleza predictiva de las mismas minimiza la probabilidad de que nuevas colectas modifiquen los resultados. De este modo, la confección del sistema de clasificación de paisajes planteada, permitirá superar los inconvenientes existentes a escala nacional para poder establecer en un futuro bio-regiones a partir de colecciones biológicas y bases de datos que resultan incompletas o anticuadas para tales fines.

La estimación de distribuciones potenciales sobre estas bases, permite a su vez tomar en cuenta el cambio de uso del suelo, según destino más probable, vinculado a las actuales tendencias, incorporando adecuadamente las productivas y otros factores socioeconómicos, lo que genera la base para establecer modelos predictivos y sobre ello establecer escenarios asumiendo diferentes políticas públicas, como ser: con o sin ordenamiento ambiental del territorio, con o sin políticas de incentivos fiscales, etc.

Sobre estos escenarios se podrán hacer representaciones prospectivas que permitan compatibilizar las actividades productivas con la preservación del medio ambiente, mediante graduar las perturbaciones producidas a la capacidad de reorganización del ecosistema mediante rotaciones, establecer áreas prioritarias para la conservación, delinear corredores biológicos y jerarquizar áreas a preservar al menos de un cambio de uso que signifique mayor presión sobre el ecosistema y pérdida de servicios ambientales socialmente imprescindibles.

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA TEMÁTICA

La planificación socioecológica del territorio debe conservar las funciones de los ecosistemas, a efectos de mantener el flujo de los servicios por ellos producidos. Esto requiere del conocimiento de estas relaciones, y de su representación como paisajes a

diferentes escalas, con una aproximación también diferente a la tradicional de los mapas temáticos.

Hay numerosas razones que justifican la necesidad de trabajar a diferentes escalas para poder determinar áreas protegidas, corredores ecológicos o servicios ecosistémicos, e incluso para poder extrapolar e interpolar resultados de investigaciones empíricas, datos de colecciones biológicas para analizar distribuciones potenciales de especies; prever consecuencias de cambios de uso del territorio bajo diferentes tendencias del mercado, entre otros análisis. Ello ha motivado el desarrollo de técnicas para subdividir el territorio en unidades anidadas unas en otras, de forma que permitan la realización de análisis tanto de variables biofísicas como sociales, de forma tanto cualitativa como cuantitativa, con recursos de modelación numérica o técnicas de estadística no paramétrica, sobre cuadrículas (raster) o polígonos (vectorial), que representan capas de información de un territorio a diferentes escalas.

Cuando se clasifica un paisaje, se realiza una subdivisión del complejo de la biósfera en unidades discretas. Esta clasificación se puede realizar a diversos niveles jerárquicos. Neef (2007) distingue tres dimensiones de trabajo: una dimensión topológica, una dimensión corológica y una dimensión geosférica. De acuerdo con este autor, los métodos utilizados para clasificar el paisaje difieren de acuerdo al nivel o dimensión en que se esté trabajando. En la dimensión geosférica, la clasificación comienza desde lo general, la superficie global de la tierra y desciende hacia los detalles. La clasificación en las otras dos dimensiones comienza con las unidades homogéneas más pequeñas y construye con estas unidades, estructuras sistemáticas más generales.

Al presente, la mayoría de los países desarrollados poseen su sistema de clasificación de ecosistemas o de paisajes (según la base conceptual utilizada), realizada con diferentes métodos y técnicas, sobre la base de utilizar la información más confiable de la que disponen a la escala adecuada.

En la presente investigación se partirá de las unidades más pequeñas (**Sitio**), las que serán estructuradas en unidades mayores (**Distritos, Eco-zonas, Eco-regiones**) de manera que las primeras queden perfectamente anidadas en las de orden jerárquico superior, lo que permite hacer análisis cualitativos y cuantitativos de cualquier porción del territorio. Esta clasificación fue diseñada para poder unificar *a posteriori* la información del conjunto de paisajes del Cono Sur de Latinoamérica, que poseen información comparable, ecosistemas y corredores ecológicos compartidos, conexiones físicas a nivel de cuencas y transporte de detritos por agua y aire, así como nexos políticos (Mercosur), lo que permite augurar en un futuro próximo manejos consensuados de los servicios de estos ecosistemas interrelacionados.

En Uruguay y con aportes del Banco Mundial, se ha iniciado un proceso denominado de “producción responsable”, orientado a la producción agropecuaria, para cuyo desarrollo esta propuesta fue un insumo tendiente a orientar las actividades apoyadas

por él, mediante un conocimiento del territorio que le permite preservar los principales servicios ecosistémicos en el marco de una tendencia creciente a la intensificación del uso agropecuario de la tierra.

El problema que se pretende resolver en la presente tesis es presentado en el apartado que sigue a continuación, explicitado como un bosquejo de aproximación metodológica.

1.3. ANTECEDENTES GENERALES

1.3.1. SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE PAISAJE. ANTECEDENTES EN EL MUNDO

La mayoría de las Ciencias de la Tierra han realizado clasificaciones del atributo del paisaje objeto de su estudio, atendiendo a su vez a la realización de cartas temáticas a diferentes escalas. Hasta el presente, no existe ninguna clasificación disciplinaria que resuelva en forma satisfactoria la clasificación de territorios como cuerpos naturales, que tienen una anatomía o arquitectura, una fisiología o funcionamiento, y un comportamiento o respuesta a estímulos externos; homogénea a cualquier escala, sino que puede afirmarse que cada disciplina tiene resolución óptima a ciertas escalas y debe recurrir a otras disciplinas cuando debe cambiar de escala. Por ello han recurrido a los distintos atributos del medio físico: suelos, relieve, clima, geología, etc., a aquella escala en la que naturalmente se distinguen unidades relativamente homogéneas, es decir que se termina utilizando en forma directa o indirecta elementos que pertenecen a otras disciplinas. Las cartas de suelos denominadas **de reconocimiento a escala 1: 1x 10⁶ o 1:5 x 10⁶**, suelen ser cartas que combinan factores geológicos (litológicos y estructurales) o geomorfológicos para definir sus unidades, a las que luego se les atribuye un determinado complejo de suelos, esa fue la solución encontrada por ejemplo cuando se publicó la Carta de Suelos del Uruguay a escala 1:1000.000. El concepto de **zonalidad** creado por la escuela rusa de Dokuchaev, en realidad atiende a estos fines. Los **suelos zonales** serían los característicos de una región climática, en los cuales el factor climático, actúa en el suelo por un período de tiempo suficientemente largo, como para superar la influencia de cualquier otro factor. La clasificación de suelos del *United State Department of Agricultura* (U.S.D.A.) (Soil Survey Staff, 2010) utiliza factores climáticos a nivel de suborden, lo que permite realizar cartas de “suelos” de escala continental; sin embargo, lo que normalmente ocurre es que esas cartas son en realidad cartas bioclimáticas con información de suelos. Con posterioridad, la geomorfología utiliza el mismo concepto en relación a los procesos geomorfológicos y a las formas a ellos atribuibles vinculadas al clima, o a criterios de geología estructural. Cada región morfoclimática tendría una serie de procesos zonales característicos dando lugar a subdisciplinas como la Geomorfología Climática (Tricart y

Cailleux, 1965; Gutiérrez Elorza, 2001) o la Geomorfología Estructural (Penk, 1953), entre otros.

El concepto de **zonalidad**, sin embargo, que para González Bernáldez (1983) estaría inspirado por las grandes llanuras, no resuelve correctamente el problema fuera de ese contexto. Así, similares procesos morfogenéticos ocurren aunque con distinta frecuencia en casi todas las regiones morfoclimáticas y los procesos o los suelos azonales, son demasiado frecuentes, hasta dominantes en depresiones, montañas, etc.

Las clasificaciones del territorio, han sido extensamente utilizadas tanto para interpolar y extrapolar resultados experimentales, como para planificar los usos del territorio y proponer medidas de manejo de sistemas productivos o naturales, y más modernamente en el establecimiento de políticas de planificación socioecológicas, que incluyen la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Distintas escuelas de pensamiento han definido paisaje con diferentes criterios dependiendo de su origen y la evolución del concepto en el tiempo.

Si aceptamos el significado al menos aparente de su denominación original en francés *Pays-age* (país + edad), podría suponerse que esta sociedad pensó la palabra en términos de una relación histórica entre un grupo humano y su cultura, a lo que hace referencia el término país y el tiempo en que esa cultura actuó modificando su entorno. En el mismo sentido se pronuncian Gómez De Silva (1998), Mata (2006) y Mata *et al.* (2009), quienes lo definen como “la huella de la sociedad sobre la naturaleza y sobre paisajes anteriores”.

Para Von Humbolt (siglo XIX) el paisaje era el carácter total de una región.

Forman y Gordron considerados los fundadores de la escuela de ecología del Paisaje de Estados Unidos, conciben el paisaje como un nivel jerárquico más en ecología y lo definen como un área heterogénea compuesta por un conjunto de elementos (ecosistemas o usos del suelo) interactuantes que se repiten en forma similar a través de ella (Forman y Gordron, 1986), disociándolo de esta forma de la percepción sensorial subjetiva.

Otros autores como Naveh (1987) lo define como todas las entidades físicas, ecológicas y geográficas y todos los patrones y procesos naturales y antrópicos. Green *et al.* (1996) lo definen como configuraciones particulares de topografía, cobertura vegetal, uso del suelo y asentamientos humanos que delimitan procesos y actividades naturales y culturales.

La mayoría de los geógrafos asimila el concepto de paisaje a aspectos perceptivos y mediados por la cultura, con excepción quizás de la escuela de Orstom (Francia), la cual asimilaba este concepto a la expresión física del territorio, al igual que la escuela Rusa de Dokuchaev.

Para González Bernáldez (1981), paisaje es información del ecosistema que percibimos por los sentidos, para este autor hay que tener en cuenta que el paisaje constituye una manifestación combinada o cuadro sintético de características climáticas, geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, edafológicas, biológicas y culturales de un territorio.

La *European Landscape Convention* (Council of Europe, 2000) define jurídicamente el concepto de paisaje” como cualquier parte del territorio tal como lo percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos.

Como puede apreciarse de esta breve revisión la diferencia entre escuelas de pensamiento es la importancia que se le atribuye al factor “perceptivo” mediado culturalmente, frente al de los procesos, estructuras y funciones objetivables.

Para Montes *et al.* (1998) acorde a la definición de González Bernáldez (1981) el paisaje es desde una aproximación ecosistémica, una herramienta metodológica básica para el análisis ecológico, así como para la caracterización geográfica y expresión cartográfica de la dimensión espacial de la percepción de ecosistemas concretos a diferentes escalas. El nexo con la definición de González Bernáldez, estaría dado por la metodología de trabajo a partir de imágenes de sensores remotos que expresan las características del fenosistema que el observador interpreta a partir de su experiencia de observaciones de terreno.

No obstante la consistencia de esta línea argumental, las 256 clases de tonos de gris de una imagen de foto aérea, no reflejan la totalidad de atributos de un sistema ¹ y sin embargo son suficientes para discretizar ecosistemas, en la medida que puedan ser correlacionados con factores del criptosistema obtenidos a partir de datos de laboratorio; pero en todos los casos, en ciencias experimentales, todo conocimiento está mediado por “el ojo” del observador (von Glasersfeld, 1991), y por tanto cualquier objeto físico percibido directamente por los sentidos, o indirectamente a través de técnicas de cualquier tipo, cabría en esta definición de paisaje. Con esta amplitud es que será utilizado el término paisaje en el presente trabajo, es decir la discretización cartográfica del ecosistema en unidades territoriales percibidas a diferentes escalas, teniendo en cuenta como lo expresara González Bernáldez (1981) y Montes *et al.*

1/ Tampoco lo hacen otros tipos de sensores remotos como las imágenes satelitales o radar, aunque puedan realizarse diferentes operaciones aritméticas con las varias bandas que las componen (cada banda con 256 tonos), asignando falsos colores a cada una de ellas y multiplicando en mucho las posibilidades de discriminación. Los primeros PCs eran máquinas de 8 bits (bits per pixel or pixel depth; pixel por bit o profundidad de pixel), y en contextos de 8-bits, la profundidad de píxel es 8, y cada píxel de presentación puede ser uno de 256 colores posibles o tonos de gris. Hoy abundan procesadores más recientes y estructuras de datos para información de 16-bits, 24bits y 32-bits. Con un raster de 24-bits (o con tres rasters de 8-bits corregistrados, la profundidad de píxel es de 24 y son posibles 16.777.216 colores.

(1998), que el paisaje es una percepción multisensorial combinada o cuadro sintético de características climáticas, geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, edafológicas, biológicas y culturales de un territorio, con una mirada experta basada en la mejor información disponible, que permita incluso separar lo permanente, “*el ser*”, de lo transitorio, “*el estar*”, que está condicionado por el uso actual y que por tanto pertenece a un orden jerárquico diferente en un sistema que diferencie estos aspectos.

Una **Clasificación de Paisajes para estudios ecológicos** como la conservación de servicios ecosistémicos en función de la escala de análisis, puede utilizar criterios climáticos, geológicos, geomorfológicos y edafológicos, entre otros.

Las clasificaciones pueden ser pragmáticas, como lo fue la utilizada para el manejo de sistemas poco intervenidos en los EEUU (praderas, bosques), o jerárquicas como la rusa, australiana, canadiense y la actual norteamericana; y también, a otra escala, el Plan Andaluz de Humedales.

Bailey (2009) a su vez plantea que las clasificaciones pueden ser empíricas o deductivas, cualitativas o cuantitativas; y distingue varias modalidades:

a) *El método Gestalt*. Este método clasifica según la apariencia de los ecosistemas por observaciones de terreno y/o fotografía aérea, llevando a nomenclaturas geográficas sin reglas explícitas y por tanto en forma intuitiva, este fue el método originalmente usado en los bosques y praderas de Estados Unidos de Norte América, y tiene el inconveniente de distinguir como sitios diferentes a diferentes estados sucesionales, además de ser inadecuado para el trabajo a diferentes escalas.

b) *El método de superposición de mapas temáticos*. Este método tiene el inconveniente de que las cartas temáticas son realizadas partiendo de diferentes bases cartográficas, utilizando diferentes metodologías y herramientas, diferentes propósitos, grado de detalle y por tanto sus límites difícilmente sean coincidentes por agregación de unidades menores o subdivisión de las mayores y no necesariamente reflejan adecuadamente unidades ecológicas.

c) *Métodos de análisis multivariados*. Este método si bien tiene la ventaja de la objetividad, tiene las desventajas de que las unidades así clasificadas, no son necesariamente unidades ecológicas si no incluyen en forma comprensiva procesos ecológicos que las hagan significativas y este método objetivo suele agrupar celdas no emparentadas ecológicamente e inversamente separa elementos claramente interconectados como por ejemplo partes de una planicie de inundación, en todo caso el método es útil para generar hipótesis a ser verificadas cuando se dispone de importantes bases de datos

georreferenciadas, incluyendo las biológicas tales como presencia-ausencia de especies vegetales y animales, que luego puedan ser interpretadas en función de atributos o procesos ecosistémicos. En esta misma categoría pueden incluirse aquellas clasificaciones realizadas por clasificación de imágenes, las que pueden incorporarse al análisis multivariado o tratarse en forma independiente del conocimiento del territorio de diferentes disciplinas, pero con el inconveniente adicional de clasificar como diferentes a zonas que simplemente denoten diferentes estados sucesionales de un mismo ecosistema, o sean parches en una misma unidad ecológica, o incluso debido a la presión puntual del uso del suelo, o sea confundir el “*ser*” con el “*estar*”.

e) *Método de los factores controlantes*. Es un método deductivo que establece en las unidades de rango jerárquico superior (de escala más pequeña) aquellos factores que condicionan la evolución de los restantes, como lo es el clima, la geología, el relieve, el suelo y finalmente la vida, en particular las comunidades vegetales. Si bien este método es en teoría el mejor, presenta el inconveniente de que se requiere disponer de cartas temáticas que puedan ser anidadas, para generar cartografía a diferentes escalas en unidades jerárquicas y mutuamente excluyentes.

Según Udo de Haes y Klijn (1994), Zonnerveld (1995) y Montes *et al.* (1998) existen dos aproximaciones al desarrollo de sistemas de una clasificación de paisajes, y por consiguiente de cartografía del medio natural:

a) el *enfoque deductivo* que parte de una base teórica acerca de cómo se organizan los paisajes en el espacio, condicionando desde el principio la clasificación y la cartografía. Para este procedimiento se requieren conocimientos previos sólidos del ecosistema que se pretende clasificar en particular de sus componentes geosistémicos;

b) la *inducción* a partir de datos empíricos por análisis multivariado; este procedimiento es particularmente útil, cuando se clasifican paisajes desde una perspectiva más de su percepción sensorial que para análisis de diversidad potencial. La técnica utilizada suele ser inicialmente una clasificación automática o supervisada de imágenes satelitales de alta resolución y su análisis pixel a pixel, combinado con registros (indicadores geo-referenciados) del medio natural, analizados por métodos estadísticos multivariantes y/o algoritmos que den índices de aspectos tales como diversidad, parentesco, redundancia, entre otros. Las semejanzas y diferencias entre unidades emergerán del análisis de los datos.

Finalmente ambos métodos pueden combinarse mediante la instrumentación de cuadrículas dentro de las cuales se calculen estas variables, luego modificando la superficie de cada cuadro en la cuadrícula se puede estimar aspectos como parentesco

o redundancia, y así validar límites físicos para el establecimiento de bio-regiones al interior de las Eco-zonas atendiendo a requerimientos de diferentes taxones, como puede ser bio-regiones de aves, mamíferos, plantas, etc.

Las clasificaciones jerárquicas pueden partir de la determinación de la unidad elemental y construirse hacia las taxas más generales mediante agrupamientos de estas unidades según diferentes criterios, en otras de rango jerárquico superior, como la propuesta del Plan Andaluz de Humedales (Consejería de Medio Ambiente, 2004); o realizar el proceso inverso como en la propuesta de Montes *et al.* (1998) para Doñana.

- **Algunos ejemplos de clasificaciones de paisaje**

- Australia

Según González Bernáldez (1981) en el sistema australiano, la unidad elemental se denomina "*Land Unit*", y está definida por la composición de padrones de sitios o toposecuencias, cambia la Land Unit cuando estos se modifican, aunque la geoforma sea genética y morfológicamente similar. Las "*Land Units*" a su vez se agrupan en lo que denominan "*Land System*", al cual a su vez se le exige el asociarse geográfica y geomorfológicamente, así como formar patrones recurrentes. Los límites de los "*Land Systems*" coinciden con algún rasgo geológico o geomorfológico en los levantamientos de Australia, y distinguieron tres tipos de *Land Systems*: simples, complejos y compuestos. Los simples son homogéneos, los complejos estarían formados por unidades relacionadas genéticamente, en tanto los compuestos, por unidades relacionadas geográficamente y no por su génesis, aspectos estos que se relacionan con la necesidad de construir cartografía apta para el manejo y la conservación de ecosistemas a diferentes escalas.

- Ex Unión Soviética

En la ex-Unión Soviética según González Bernáldez (1981), la unidad más simple, equivalente al sitio, es el "*Fatsiya*" (Facies) caracterizada por su relativa homogeneidad interna. La asociación característica de Facies constituye una unidad de orden superior "*Zveno*" (Enjambre) y "*Uróchishche*" del cual existen, a semejanza del sistema del SCIRO, modalidades simples y complejas. Los *Uróchishche* son asociaciones de Facies con un sustrato homogéneo, unificados por un paisaje geoquímico u otras formas de transferencia de materiales. En los *Uróchishche* complejos existen variaciones litológicas y morfogenéticas importantes. Las categorías superiores se refieren a grandes divisiones zonales y por tanto relacionadas al clima y latitud.

Vinogradov (1967) define las siguientes categorías:

- a) *Facies* caracterizado por una biocenosis y una variedad de suelos (macrocomplejo), condiciones ecológicas homogéneas en cuanto a

exposición, litología, humedad y microclima, comúnmente ocupando un elemento del relieve.

b) *Land unit*, sistema natural de facies caracterizados por la misma secuencia topoecológica. Sinónimos de este concepto serían términos como catena, land unit, uróchishche, krais, microcore y land facet.

c) *Land System*, combinaciones de unidades de paisaje genéticamente relacionadas por superficies homogéneas y a formas de relieve macro y meso de gran escala. Sinónimos serían *mistnost* y *mesocore*.

d) *Landscape*, caracterizado por una combinación de unidades menores, serían sinónimos *landshaft*, *macrocore* y sistema de tierras complejo.

En todos los sistemas analizados, en los agrupamientos de unidades en otras de rango jerárquico superior, se nota en general una definición poco precisa de las características de estas unidades. Sin embargo, todos los sistemas hacen hincapié en la existencia de padrones que se repiten al menos en aquellas unidades que agrupan Sitios.

1.3.2. ANTECEDENTES EN URUGUAY

Las propuestas de regionalizaciones con fines ecológicos que se han realizado para el Uruguay, tales como las de Bossi (1995), Achkar *et al.* (1999), Evia y Gudinas (2000) y Sans (2010) entre otras, como base cartográfica han utilizado similar información que la presente propuesta, pero usando cartografía de menor detalle, como la Carta Geológica a escala 1:500.000 (Bossi *et al.*, 1998), la Carta de Suelos a escala 1:1.000.000 (Dirección de Suelos y Fertilizantes, 1976), y la Carta Geomorfológica a escala 1:5.000.000 (Panario, 1988).

Los insumos para el presente trabajo se remontan a principios de la década de 1970, cuando en el marco del levantamiento de suelos del Uruguay, y como parte del equipo de técnicos de la Dirección de Suelos del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, participé en la realización del estudio y la cartografía de suelos de todo el territorio de Uruguay. Esta caracterización fue efectuada a partir de un relevamiento de fotografía aérea a escala 1:40.000; escala esta, que si bien puede generar algunos inconvenientes en un paisaje en mosaico *sensu* González Bernáldez (1981), se consideró que tenía precisión e información suficiente para el propósito de esta tesis. A su vez, este relevamiento de suelos está referenciado sobre una misma base cartográfica y fue relevado homogéneamente con criterios uniformes; además de disponible en SIG. En este relevamiento, fue incluido además de la descripción del perfil o los perfiles de cada unidad de suelo cartografiada, información sobre los materiales geológicos sobre los cuales se desarrollaban, las pendientes dominantes y una descripción somera de la vegetación.

Este estudio tiene una base de datos que reúne unos 8.000 análisis de caracterización (pH, CIC, saturación en bases, bases, materia orgánica, P, N, Na, Ca, Mg, Fe, Al, y textura) realizados a partir de los perfiles de suelos más representativos. Fue a partir de esa información que se propusieron grupos de suelos con propiedades similares y agrupables geográficamente, sobre cuya base fue realizada la Clasificación de Suelos del Uruguay (Altamirano *et al.*, 1976), la Carta de Reconocimientos de Suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000 (Dirección de Suelos y Fertilizantes, 1976) y la Carta Geomorfológica del Uruguay (Panario, 1988).

Esta experiencia fue la base de las categorías inferiores del sistema abierto de Clasificación de eco-regiones de Gastó *et al.* (1993a) cuya aplicación ha resultado sumamente promisorio para las condiciones del territorio de Chile, país con gran variedad de climas, relieve y geología. La participación en esa propuesta de investigación resultó un insumo invaluable a la hora de desarrollar la presente propuesta.

En un sistema de clasificación jerárquico la elección de partir de los rangos jerárquicos superiores o a la inversa dependerá de que se disponga o no de la información básica a nivel de detalle. En el caso del presente trabajo para Uruguay, ella está disponible como resultado de un estudio previo que tuvo por objetivo separar unidades de paisaje sobre la base del análisis de atributos tales como suelos, geología, relieve, vegetación y uso dominante a escala 1:40.000, lo que permite seguir el método eco-regional propuesto por Bailey y plasmado en el Ecomap (1993) de EEUU, pero a una escala más acorde a la dimensión de Uruguay.

Las unidades utilizadas en la presente clasificación, fueron estructuradas a partir de la unidad elemental, el Sitio, o Complejo de Sitios cuando la escala no permite la separación de unidades integradas por varios sitios, en cuyo caso las unidades menores se asocian al concepto de catena o padrón de Sitios; el Distrito definido por energía de pendientes; Eco-zonas definidas por unidades morfo-geo-estructurales, y Provincia determinada climáticamente.

Por otra parte, la unidad de paisaje que se denomina **Sitio**, es la porción del territorio con potencialidades y riesgos homogéneos y por tanto, debe ser concebida a una escala de resolución usualmente del orden de 1:1.000 a 1:50.000, según las características del terreno y la finalidad para la cual se la utilice. La misma está pensada para atender a la investigación, conservación y eventualmente el manejo de fauna y flora, y debe ser resolutiva incluso a escala de terreno.

Si bien en la presente tesis no son desarrolladas unidades por debajo del Sitio; estas pueden establecerse considerando variables de estado del Sitio, dado lo transitorio de su situación y que se refieren al **Uso**: Urbano, agrícola, forestal, ganadero, de conservación, etc.; dentro del cual puede haber diferentes **Estilos de Uso**: como ser agricultura campesina o empresarial, centro urbano consolidado o ejido, ganadero

extensivo o intensivo, etc. Finalmente se sigue un juicio de valor sobre el estado del sitio para un uso y estilo dado, a lo que se denomina **Condición** (Gastó *et al.*, 1993a; Panario *et al.*, 1988).

1.4. OBJETIVO GENERAL

Generar una clasificación jerárquica de paisajes, que permita caracterizar la diversidad de ecosistemas, la riqueza de especies, las especies amenazadas y prioritarias, los servicios ecosistémicos, los sitios puntuales clave para la conservación, los corredores ecológicos, la vegetación potencial, las áreas de amortiguación, proyectar escenarios futuros y potenciales amenazas (actividad silvoagropecuaria, minera, urbanística, etc.), así como brindar herramientas para la realización de un ordenamiento territorial que atienda al desarrollo sustentable.

1.5. OBJETIVOS PARTICULARES

1. Proponer un sistema de clasificación de paisaje exhaustivo para Uruguay, abarcativo de la totalidad del territorio en sus diferentes dimensiones físico-biológicas.
2. Caracterizar la historia del paisaje uruguayo como marco geo-estructural de las unidades de paisaje de rango jerárquico superior.
3. Definir unidades a través de categorías mutuamente excluyentes, en las que una variable no pueda generar una unidad que pueda pertenecer a más de una categoría.
4. Desarrollar un sistema de tipo jerárquico con unidades anidadas, donde cada unidad elemental pueda ser agrupada en unidades de rango jerárquico superior más generales, y así sucesivamente, quedando definidos los límites espaciales de todas las unidades por las unidades del rango jerárquico inferior.
5. Seleccionar un conjunto de atributos con límites cuantitativos que permitan discriminar ambientes, cuya validación pueda ser hecha por la lectura que de ellos hace la cubierta vegetal.
6. Validar el sistema de clasificación del paisaje mediante el análisis de distribución y requerimientos ecológicos de los registros de presencia de fauna y vegetación existentes en el país.
7. Generar instrumentos para la gestión del territorio.

1.6. ÁREA DE ESTUDIO

Uruguay está situado en América del Sur (**Figura 1.1**), entre los paralelos 30° y 35° de latitud Sur y los meridianos 53° y 58° de longitud Oeste, ubicado en la zona templada del Hemisferio Sur. Tiene una superficie de 176.196 km² y limita por el Norte y el Noreste con la República Federativa del Brasil, por el Oeste con la República Argentina a través del río Uruguay, por el Sur con el Río de la Plata y por el Este con el Océano Atlántico.

Se caracteriza por ser suavemente ondulado, con la presencia de algunos cerros y serranías, marcando el cerro Catedral 513,6 metros de altura el punto más alto del territorio nacional.



Figura 1.1. Uruguay. Recuadro superior izquierdo: América del Sur.

1.7. PLAN DE TRABAJO DE LA TESIS

El documento está estructurado en 9 capítulos, que de forma sintética, ofrecen un avance en la comprensión de una propuesta de Clasificación de Paisajes para Uruguay.

En el **Capítulo 1 - Introducción**, se realiza el planteo del problema y una justificación de la temática, se describen los antecedentes y se expresan los objetivos de la investigación. En este apartado queda explicitado sucintamente el objetivo de la presente tesis, así como las características de los sistemas de clasificación y en particular del sistema que se pretende desarrollar. Se establece el planteamiento del problema a resolver en el trabajo de tesis y su justificación en el marco del Cambio Global y alguna de sus consecuencias, la pérdida de la diversidad biológica y de servicios ecosistémicos, señalándose el retraso del país en la materia, así como la utilidad del sistema propuesto, tanto para la conservación como para la producción responsable. Se señalan además los principales antecedentes tanto a nivel internacional, como de trabajos previos realizados por el autor que son la base de la presente propuesta. Finalmente se establecen los criterios utilizados en el sistema de clasificación y sus objetivos.

En el **Capítulo 2 - Sistematizar para entender. Evolución conceptual de las clasificaciones de paisaje**, se realiza una revisión y análisis de antecedente sobre la definición de unidades que las han integrado a diferentes escalas. Para poder realizar la presente propuesta este compendio es una base indispensable, que sistematiza la evolución de este concepto a la luz de las diversas escuelas. Por un lado, se detallan las variables físicas y químicas del criptosistema y fenosistema que fueron utilizadas para la definición del "Sitio", realizando una descripción de la unidad elemental del paisaje, considerada como tal en todos los sistemas jerárquicos de clasificación de unidades territoriales. Fue analizada a su vez, la evolución del concepto de Sitio, así como su relación con las unidades jerárquicas superiores y con el concepto de serie de suelos. La pendiente (energía del relieve) fue determinada como la variable que caracteriza al Distrito (unidad jerárquica inmediata superior), describiéndose los procesos asociados a los intervalos de la variable bajo diferentes climas e historia evolutiva. Luego se discuten las relaciones genéticas Distrito-Sitio en función de las interacciones morfogénesis - pedogénesis. A su vez se analizan las categorías de rango superior generadas en los diferentes Sistemas de Clasificación.

En el **Capítulo 3 Entender para construir. Analizando las variables usadas en las Clasificación de paisaje**, se consignan los fundamentos de las variables seleccionadas para la presente propuesta de Clasificación de Paisaje. Se detallan los límites y las características de cada una de las variables utilizadas para las diferentes unidades de la clasificación. La propuesta para la definición de Sitios, establece los intervalos precisos

de las variables seleccionadas para su determinación. A su vez, se establece la propuesta de la caracterización de Distritos a partir de intervalos de pendiente. Además se presentan los fundamentos de las otras unidades, Eco-zonas y Provincia.

En el **Capítulo 4 - Reconstruir para avanzar. La historia geológica de la evolución del paisaje en Uruguay**, se analiza la relación entre las unidades del paisaje y los diferentes atributos aglutinantes. Como a nivel de las unidades superiores de la Clasificación de paisajes, los materiales geológicos son ese atributo, se incorpora una síntesis de la evolución geológica del país, con énfasis en la relación con la génesis del paisaje.

En el **Capítulo 5 - Materiales y métodos**, se explicita la metodología utilizada que se basa en técnicas de S.I.G. (Sistema de Información Geográfica) y análisis de sensores remotos. Este análisis fue complementado con la interpretación y sistematización del archivo de análisis de caracterización física y química de suelos de la Dirección de Suelos del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, realizados durante el relevamiento de semidetalle de los suelos del Uruguay. Fue incorporado el análisis de la distribución de registros de las colecciones de vertebrados, flora arbórea y herbáceas.

En el **Capítulo 6 - “Resultados y discusión”**, se presentan los resultados de las propuestas de discriminación de Sitios, detallando los resultados obtenidos a partir de la combinación de las seis variables edáficas, la pendiente y las formas de vida. Así también se detalla la propuesta de clasificación de Distritos, presentándolos para ser usado como pendiente modal de los Sitios, y agrupados por distrito dominante en una categoría superior del sistema. También se definen las unidades mayores del sistema de clasificación: a) La Eco-zona definida por variables morfo-geo-estructurales, b) La Eco-región cruzando las Bio-zonas (determinadas por registros de colecciones de especies de flora y fauna nativa) con la Eco-zona, como un instrumento de planificación territorial para la biología de la conservación. Se incorpora al sistema una propuesta de Corredores biológicos.

En el **Capítulo 7 - “Comentarios finales”**, se explica brevemente la utilidad y potencialidad de los resultados generados en el transcurso de esta tesis.

En el **Capítulo 8 - “Conclusiones”**, se exponen las principales conclusiones de la tesis.

En el **Capítulo 9 - “Líneas futuras”**, se explicitan algunas de las líneas de investigación que se desarrollarán a partir de los resultados obtenidos en la presente tesis.

CAPÍTULO 2.

SISTEMATIZAR PARA ENTENDER. EVOLUCIÓN CONCEPTUAL DE LAS CLASIFICACIONES DE PAISAJE



INTRODUCCIÓN

La clasificación de los paisajes ha sido una preocupación de las naciones que han debido administrar grandes territorios, y por tanto se han generado varias escuelas, dependiendo de las condicionantes climáticas, territoriales, etc., así como del conocimiento del territorio del cual se parte.

En el presente capítulo se hace una revisión crítica de la evolución que tales sistemas de clasificación han tenido en países como la ex Unión Soviética, Australia, EEUU, Gran Bretaña, Canadá, Francia entre otros, así como un análisis de la definición y caracterización de las unidades que las han integrado a diferentes escalas.

Este capítulo, pretende dar un marco conceptual a la Clasificación de Paisajes que se propone en esta tesis, así como resumir los antecedentes que fueron utilizados para realizar nuestra propuesta.

2.1. EL SITIO, LA UNIDAD ELEMENTAL

2.1.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

La unidad elemental tierra-paisaje es un complejo homogéneo del ecosistema y se comporta a su vez como una unidad integrada que podrá o no coincidir con el concepto de suelo u otro atributo del medio físico considerado aisladamente.

El Sitio, es una unidad definible en condiciones naturales no perturbadas por un biotopo, un edafotopo y eventualmente otras variables ambientales. En general presenta, en condiciones poco perturbadas, una o eventualmente más de una comunidad vegetal madura, a las que en décadas pasadas se denominaban “climáticas” cuando predominaba una concepción determinista en ecología. El criterio general de la clasificación, es el de utilizar como diagnóstico el elemento más permanente que en este caso es el edafotopo; además de otras variables ambientales relevantes que caractericen el sitio y sean capaces de discriminarlo de ambientes similares pero que se diferencien por las comunidades –a esta escala fundamentalmente vegetales- que sobre él habitan.

Según Zonneveld (1972) y Bailey (2009), las clasificaciones de sistemas geográficos integrados, parten de la definición de las unidades de paisaje, las cuales pasan a ser agrupadas en unidades de rango jerárquico superior. Es por esta razón que la correcta definición de esta unidad es la clave del éxito de todo sistema de clasificación ecológica de unidades territoriales.

Debe tenerse en cuenta que la enorme diversidad de estructuras que la evolución estocástica del ecosistema produce, más la persistencia de estructuras generadas bajo condiciones paleoclimáticas y la propia variabilidad climática durante los tiempos necesariamente breves en que se plantean los ensayos empíricos, hacen que cualquier generalización de resultados sea peligrosa. Ello es especialmente válido si no se cuenta con una unidad territorial homogénea desde el punto de vista del ambiente en que se desarrollaron las comunidades vegetales, o animales.

La unidad escogida debe por tanto presentar una uniformidad de respuesta a estímulos o comportamiento del sistema tal, que permita extrapolar o interpolar toda la investigación, fundamentalmente ecológica existente, o la planificación territorial atendiendo a características ecosistémicas tanto de representatividad, como eventualmente de singularidad. Desde este punto de vista, el mayor interés se centra a partir de este orden inicial de jerarquía (Sitio, unidad elemental). En efecto, dado que las unidades de rango jerárquico superior serán definidas climáticamente o por rasgos genéticos, existirá necesariamente un parentesco debido a una génesis común entre Sitios de distintas provincias definidas por variaciones del clima. Este parentesco será aún mayor en aquellos Sitios que por analogía podrían ser denominados azonales como los de depresiones. En estos casos podría establecerse un gradiente de parentesco, así los más emparentados serían los Sitios azonales, luego seguirían aquellos Sitios zonales, situados en sustratos alotígenos dentro de un mismo proceso morfogénico, como el caso de las terrazas fluviales o limos eólicos y finalmente, aquellos Sitios formados por suelos autógenos desarrollados sobre sustratos rocosos cuya evolución desde el sistema de intemperismo en adelante, va a estar más condicionada a la interacción de un sustrato particular con el clima. De esta forma y conocido el gradiente climático entre distintas provincias, podría establecerse factores de corrección para la extrapolación o interpolación de datos espaciales a partir por ejemplo de grupos funcionales o redes tróficas (**Figura 2.1**).

La desagregación en unidades de nivel jerárquico inferior al Sitio, dependerá del uso y manejo del territorio. Tales unidades pueden o no subdividir un Sitio. Expresado de otra forma, la diferencia entre la clasificación de paisajes y su desagregación en unidades de rango jerárquico inferior, es la diferencia entre “**ser**” y “**estar**”.

La presión de uso que la acción humana ejerce sobre el ecosistema, induce innumerables transformaciones que se manifiestan, o bien en la sucesión ecológica o bien en cambios permanentes e irreversibles del medio físico, fundamentalmente del suelo.

La primera situación es transitoria y el cese del estímulo o medidas de mitigación que impliquen un manejo adecuado, que puede incluir acciones tales como la reposición de nutrientes o la remoción mecánica o química de especies invasoras, puede retornar el sistema -si no a su condición original-, al menos a una arquitectura y productividad

comparable a la original, dentro de márgenes de fluctuaciones acordes a una evolución con niveles de complejidad comparables, lo que se conoce como mantenerse dentro de márgenes de resiliencia.

La segunda situación se produce cuando la alteración del sistema, es de tal magnitud que no puede retornar a una situación comparable debido a las características de las modificaciones del sustrato original y su posterior evolución edáfica que termina internalizando forzantes externas. Así, un Sitio que ha sufrido una erosión tal, que le ha hecho perder parcial o totalmente los horizontes superficiales o incluso la totalidad del *solum*, debe considerarse como otro Sitio, independientemente de su origen o estado inicial. El Sitio representa lo que es, siendo independiente de su origen o de su génesis y de su estado actual en materia de uso y condición. En efecto un sitio puede haber circunstancialmente perdido su cobertura vegetal por incendio o laboreo de la tierra,

en el primero de los casos seguramente retornará más tarde o más temprano a un nivel de organización similar al original, en el segundo caso, este retorno es más complejo y en la medida en que la agricultura sobrepase cierto umbral, es posible no retorne a la situación inicial. Como puede observarse en Uruguay con tierras agrícolas degradadas y abandonadas, que originalmente fueron ocupadas por pastizales, y que hoy están convertidas en arbustales por sucesión natural. En estos casos, si se los remueve artificialmente, y se reconstruye un pastizal, este no recuperara los grupos funcionales originales, en la medida en que el subsuelo expuesto, ya ha sido modificado en forma irreversible en sus propiedades tanto físicas como químicas. El estado de un sitio, depende de su *historia previa* y se vincula a su *uso y condición*.

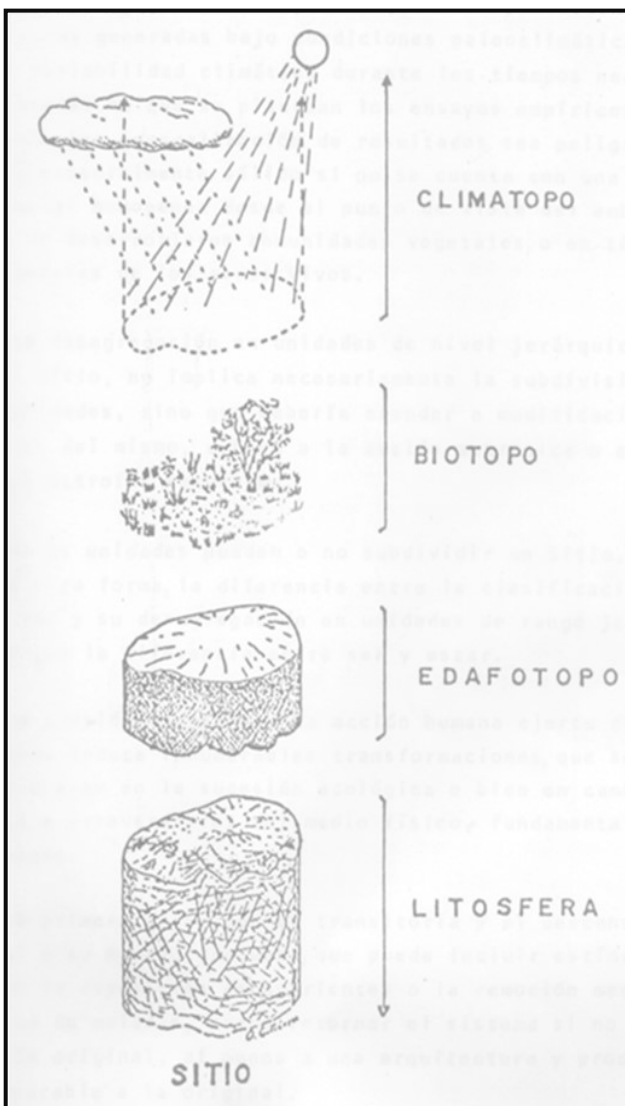


Figura 2.1. Componentes relacionados con el Sitio, que caracterizan a diversas jerarquías del sistema de clasificación de paisajes.

2.1.2. CONCEPTO DE SITIO. ORIGEN Y EVOLUCIÓN

El concepto de Sitio, como una entidad ecológica o de manejo basado en comunidades de plantas en estado “*clímax*” -al decir de la ecología de la época- fue elaborado en los Estados Unidos a partir de los trabajos realizados en tierras forestales y luego extrapolado a otras comunidades vegetales como los pastizales. Tal definición, surge de la constatación de la existencia de unidades naturales homogéneas que, contrariamente a lo que podrían esperar los especialistas de las distintas disciplinas, no se correlacionaban biunívocamente con ninguno de los componentes del medio físico, como ser: geología, suelos, geomorfología, etc., tal como lo definían los especialistas de cada disciplina.

La existencia de una unidad natural de ocupación del espacio surgió entonces de la observación en ecosistemas poco alterados, de la constancia de la comunidad vegetal por sobre las variaciones de los distintos atributos del paisaje como son el suelo, el relieve e incluso el clima dentro de ciertos parámetros. Desde fines del siglo diecinueve se realizaron investigaciones sobre Sitios forestales en la mayoría de los países europeos, en especial en la Unión Soviética y Finlandia, además de los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá. Al comienzo se intentó clasificar los bosques con el objeto de realizar un manejo más intensivo de los mismos. Para Ray (1956), el objetivo de clasificar las tierras en clases de calidad, era combinar dentro de una clase todas aquellas áreas de capacidad de crecimiento o rendimiento similares. Estos estudios permitieron explicar diversas “condiciones” o estadios sucesionales existentes e identificar Sitios similares en localidades distintas.

El concepto de Sitio fue rápidamente incorporado a los cultivos de árboles y luego, en los Estados Unidos de Norte América, a las praderas (Dyksterhuis, 1958). La existencia de grandes parques nacionales con ecosistemas de pradera, permitió a los expertos forestales comprobar que lo que ocurría en los bosques se repetía en las praderas. En esta forma, la presencia de una comunidad madura a la que se denominaba “*climáxica*” definía el sitio. La extensión del mismo concepto a otras áreas con comunidades herbáceas perturbadas se hacía a través de la descripción de aquellos elementos edáficos comunes a los distintos suelos, series o fases, que componían el Sitio donde el mismo era observado en condiciones naturales.

Cajander (1926) identificó los Sitios por asociaciones de plantas independientemente de la cobertura forestal. Más adelante, continuando las experiencias soviéticas, la tendencia fue incluir la cobertura forestal y las características fisiográficas. De acuerdo con Renner y Johnson (1942) el concepto de Sitio en pasturas fue utilizado al comienzo sin una definición específica. Más adelante Renner (1949) se refiere a los Sitios como clases de tierras con determinadas características de suelos y vegetación, que determinan capacidades potenciales de producción. Dyksterhuis (1949) y el Soil

Conservation Service (1962) define el Sitio como tipos de tierras que difieren entre sí en su habilidad para producir diferente tipo o cantidad de vegetación “climáxica”.

Renner y Allred (1962) definen Sitio como un tipo de tierra de pastizales naturales que tienen cierto potencial de producción forrajera. Para estos autores, Sitio es el producto de la interacción de los factores ambientales, presentando una comunidad de plantas determinada. Los Sitios difieren entre ellos en el tipo o proporción de plantas presentes y por diferencias en la producción total.

El Sitio también ha sido definido como un área de tierra con una combinación de factores edáficos, climáticos, topográficos y bióticos naturales, significativamente diferente a otras áreas adyacentes (Fullbright y Ortega-S., 2006). Estas áreas ambientales son consideradas como unidades para el propósito de discusión, investigación y manejo. Los cambios de un Sitio a otro representan diferencias significativas en producción potencial de forraje y diferencias en el manejo requerido para el uso de la tierra (Huss, 1964). Gastó (1979) lo define como una unidad de paisaje con una potencialidad determinada de producción de cierta cantidad o calidad de vegetación.

Zonneveld (1972) define ecotopo (Sitio) como la unidad más pequeña de la tierra de carácter global caracterizada por lo menos por un atributo que es muy homogéneo, siendo la variación de otros atributos pequeña. El suelo al que pertenece un Sitio, puede sin embargo estar compuesto por varios pedones. Considera que diferencias marcadas en la vegetación se deben solamente a la interferencia de la especie humana o a catástrofes naturales tales como fuego o tormentas.

Para el Soil Conservación Service (1975) Sitio es un tipo de tierra de pastizales que difiere de otros en su habilidad para producir una comunidad de plantas naturales. Los sitios se diferencian en el tipo o proporción de plantas en comunidades “clímax”, diferencias en productividad o ambas. Estas diferencias deben ser significativas, es decir, aquellas que obligan a manejos diferentes.

Es interesante resaltar que el *Soil Conservation Service* defina el Sitio y no intente clasificar las tierras utilizando alguna categoría taxonómica de suelos, tales como serie o fase, posición ésta defendida por algunas escuelas de pedología con menos contacto con la praxis del trabajo en sistemas poco perturbados. La correcta identificación del Sitio es el único procedimiento idóneo para implantar normas de uso y manejo, que a la par que eventualmente maximicen la utilización de la biota, conserven los servicios ecosistémicos.

Paralelamente a estos trabajos, en otros países quienes estaban vinculados al planeamiento y manejo del territorio arribaron a conclusiones similares en la búsqueda de una unidad natural, independientemente de que los agrupamientos de estas unidades en otras de rango jerárquico superior, fueran de naturaleza diferente

en distintos sistemas de clasificación. Ello se debe al hecho de que mientras el Sitio tiene existencia fenomenológica, las agrupaciones de Sitios pueden hacerse de varias maneras, atendiendo a distintos propósitos prácticos o científicos, al marco conceptual, o al desarrollo de las disciplinas de apoyo, en particular a su capacidad de expresarse en cartografías confiables a las escalas requeridas.

El *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO), de Australia, utilizó el Sitio (*Site*) (**Tabla 2.1**), y lo definió como una parte del paisaje que para todos los propósitos prácticos es uniforme en geomorfología, suelos y vegetación (González Bernáldez, 1981; Zonneveld, 1972).

El sistema utilizado por el *Directorate of Overseas Surveys* (1967, citado en Zonneveld, 1972) de Inglaterra, derivado del australiano, utiliza como unidad la "Land Facet" con una concepción entre la "Land Unit" del sistema australiano y el Sitio. Las "Land Facets" se combinan en "Land Systems" con un padrón característico en lo referente a relieve, suelos y vegetación, en forma de pautas que se repiten en el paisaje.

En la Unión Soviética según González Bernáldez (1981), coexistían diferentes modos de clasificación de paisajes para prospecciones integradas. La unidad más simple, equivalente al sitio, es el "Facies" (Fatsiya) caracterizada por su relativa homogeneidad interna. Las unidades elementales sirven para representar los tipos de vegetación relacionados por la sucesión vegetal en función del uso antrópico.

La diferencia entre ecosistemas muy poco alterados por la especie humana como la mayor parte de las tierras fiscales de los EEUU de Norteamérica, con un uso previo a la colonización por cazadores-recolectores y posteriormente, en gran parte del territorio convertidas en parques nacionales o tierras fiscales bajo estrictas medidas de manejo, con las tierras de Europa, cuyo uso agrícola se remonta a los inicios del Holoceno, con una enorme cantidad de especies naturalizadas y en los cuales la persistencia del

Tabla 2.1. Comparación de la sistematización Jerárquica de pautas del paisaje en varios tipos de prospección integrada (González Bernáldez, 1981).

| Land research and Regional Survey CSIRO (Australia) | Solnetsev (1948) (Ruskaya Ravnika) | Sochava (1963), Asia Central, Siberia Meridional |
|---|------------------------------------|--|
| Site | Zveno | |
| Land unit | | |
| Simple land system | Slozhnoe urochische | |
| Complex land system | Miestnost landshaft | Mezogeokhora |

algunas excepciones de ecosistemas de montaña), que de su abandono a la sucesión ecológica, en la medida en que los impulsores de cambio inicialmente externas al sistema, han sido internalizadas por el mismo como queda de manifiesto en los trabajos de Liébault y Piégay (2001), entre otros.

En Sudamérica y en particular en Uruguay, se dan diversas situaciones en materia de uso del ecosistema, pero hasta la colonización europea, este fue utilizado mayoritariamente también por cazadores-recolectores con muy bajo impacto, y si bien postcolonización ha tenido cambios drásticos, buena parte del territorio aún mantiene un uso pastoril con perturbaciones moderadas, en razón de lo cual estas forzantes externas no parecen haber sido internalizadas por el ecosistema, por lo que la sucesión ecológica presumiblemente tiende a recuperar los grupos funcionales originales (May y Panario, 1994; Altesor *et al.*, 2008), indicando que el sistema es aún resiliente.

En Uruguay, desde la Dirección de Suelos del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), en colaboración con la Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra (CONEAT) del mismo ministerio, fue desarrollado² un sistema de unidades de clasificación del territorio supuestamente uniforme desde el punto de vista de su productividad potencial secundaria. Su finalidad inicial fue la de crear un impuesto finalista al uso de la tierra (CONEAT, 1979). Esta cartografía de unidades caracterizadas por su productividad secundaria fue de carácter no sistemático, basada fundamentalmente en la experiencia de los técnicos actuantes, e informantes calificados a los efectos de determinar dicha productividad. Su fácil interpretación y su practicidad de utilización (sobre las unidades de productividad se superpuso el catastro, y cada una de ellas contaba con información edáfica, geológica, botánica y geográfica general), convirtió a esta sub-división territorial en la herramienta fundamental utilizada por técnicos, propietarios y empresas inmobiliarias para planificar el uso e incluso fijar el valor de venta de la tierra, a lo que se le ha sumado su utilización por investigadores para referir sus datos experimentales. En realidad, su aceptación proviene en gran medida de que posee límites espaciales precisos, que complementan el conocimiento que de la tierra tienen agricultores y ganaderos.

Es de hacer notar, que incluso culturas pre-científicas, desarrollaron una terminología especial para designar unidades de paisaje. Así, según Zonneveld (1972) surgen términos como bañados, pantanos, vegas, guadales, marisma, dambo, tundra, caatinga, maquis, geest, bofedal, estero, entre otros. Estos nombres muchas veces han sido tomados por edafólogos y ecólogos para designar el suelo o la vegetación, pero no han logrado en todos los casos la integración de estos elementos en un paisaje o parte de él, como fue su significado original.

^{2/} En la cual participe como integrante del equipo de trabajo.

2.1.3. EL SITIO Y SU RELACIÓN CON LAS UNIDADES SUPERIORES DE UNA CLASIFICACIÓN DE PAISAJES

Por el año 1948, Solnetsev (2007), distingue en relación a las propiedades del paisaje en el plano, dos características que reflejan el carácter discreto-continuo de la diferenciación del mismo.

Mosaicidad: definida como el conjunto de células de forma más o menos isodiamétricas que se agrupan en otras de rango jerárquico superior.

Orientacionalidad: conjunto de series de células que se distribuyen en el plano en forma lineal -alargada.

El primero de estos sistemas es característico de los paisajes ondulados, en tanto el segundo, con el dominio de procesos de transporte, es más característico de los sistemas fluviales y, aunque con menor expresión longitudinal, puede representar a los arreglos de Sitios en los Distritos de mayor pendiente. Las grandes llanuras, serían para este autor un tercer tipo de paisaje a dominancia de procesos zonales con generación de Sitios en bandas latitudinales de gran homogeneidad.

- **Sitio y serie de suelo**

La mayoría de las definiciones de la unidad, el Sitio, hacen referencia a la uniformidad relativa de los atributos del paisaje. Las definiciones varían en cuanto a la importancia que se le adjudica a la variabilidad del medio físico.

La unidad con mayores exigencias de uniformidad en la cartografía de suelos es la Serie, la que es utilizada como unidad de mapeo en levantamientos a escalas grandes como unidades de manejo en estudios interpretativos. Engloba un grupo de suelos que presentan una determinada secuencia de horizontes y espesores comparables, carecen de diferencias significativas en ciertas características morfológicas, químicas y físicas y son desarrollados sobre un mismo material madre, de manera tal de constituir grupos homogéneos.

En las clasificaciones de suelos modernas se utilizan los denominados horizontes diagnósticos. Para la elección de las características diagnósticas, se utiliza como base las propiedades de los suelos que son resultantes de procesos pedogenéticos, o bien que determinan la dirección o la intensidad del proceso. A nivel de Serie, se estrechan los rangos permitidos de variación de esas características para intentar realizar interpretaciones más útiles en cuanto al uso. En resumen, la taxa Serie es el resultado de la clasificación de los suelos en los distintos niveles jerárquicos, basado en propiedades del suelo que son el reflejo de la acción de los procesos pedogenéticos dominantes a través de su historia evolutiva, sin tomar en consideración necesariamente los factores climáticos actuales ni los requerimientos ecológicos de los vegetales. No obstante quienes han desarrollado clasificaciones de paisajes si bien

utilizan la cartografía de series de suelos, caracterizan el sitio además por algunos atributos que o bien algunas veces subdividen la serie o más comúnmente las agrupan.

En general, las definiciones que provienen de sistemas menos transformados como las praderas de Norteamérica, no siempre hacen demasiado énfasis en factores edáficos o geomorfológicos, en tanto los que provienen de ambientes más modificados hacen más énfasis en la uniformidad del medio físico, fundamentalmente el suelo, a pesar de que de acuerdo con Heerwagen y Aandahl (1963) la mayor correlación entre suelos y vegetación se da a nivel de series y fases.

Para Zonneveld (1972) la relativa dominancia del factor edáfico que presentan a este nivel las diferentes clasificaciones, se debe al carácter relativamente permanente de este atributo, pero no tan permanente como para no admitir algunas modificaciones para su utilización. El mismo autor reconoce el papel fundamental del hábitat para la correcta definición del Sitio.

Otras clasificaciones de carácter utilitario, que emplean la serie o fase del suelo tal como la clasificación de la capacidad de uso del *United States Department of Agriculture* (Klingebiel y Montgomery, 1961), que es de amplia difusión, han mostrado su corta vigencia en razón de su dependencia de un carácter muy poco permanente, como es la tecnología. En efecto series o fases que han sido clasificadas como no aptas para cultivos, tal como las clases 6 y 7 (sin uso agrícola), han pasado luego a ser cultivadas con altos rendimientos, en sistemas de riego por goteo, pero la concepción de la conservación de la época atribuía a la clase 7 como destino, -en la medida que no era útil para otro uso- “la conservación”.

Francis (1984) indica que el *Soil Conservation Service* de los Estados Unidos de Norte América ha desarrollado un elaborado sistema de clasificación de suelos. Este autor opina que la dificultad de utilizar la serie de suelos proviene, de que ella no está basada necesariamente en rendimientos de cultivos, ni siquiera agrícolas, por lo cual, es dable esperar una considerable variación si se utiliza la serie como equivalente a Sitio. A su vez, señala la precaución que es necesaria, si se utilizan mapas de suelos en ambientes forestales, dado que, en general, el relevamiento de estas áreas es muy extensivo y suelos contrastantes pueden ser mezclados y algunos ignorados, lo mismo puede decirse de zonas quebradas, máxime teniendo en cuenta que los relevamientos de suelo fueron hechos fundamentalmente para la agricultura y en menor medida para la ganadería, y no con fines de conservación o maximización de servicios ecosistémicos. Tal observación es especialmente válida en el caso de los Sitios ubicados en zonas donde dominan suelos autógenos.

Además, para cada comunidad vegetal existen elementos del ambiente que pueden ser neutros dentro de ciertos umbrales y sin embargo, reflejarse en características conspicuas del edafotopo que puedan motivar la clasificación del suelo en una serie o fase distinta, sin que ello se manifieste en la composición botánica. Por otra parte, en

ecosistemas de zonas serranas o montañas, existen Sitios sin suelo y con vegetación que crece en los intersticios de las rocas. Siempre se podría, con una definición suficientemente amplia de suelo, identificar tales intersticios como suelo, pero subsiste la crítica de que la misma comunidad con la misma productividad primaria se extiende sobre distintas fases o series, con lo cual se agrega una heterogeneidad innecesaria que hace inoperante la clasificación.

En conclusión, se puede afirmar que el Sitio, como producto de la interacción de los factores ambientales, engloba un grupo de suelos que pueden definir su uso, requieren un determinado manejo, presentan una productividad primaria similar y en condiciones poco alteradas suelen presentar al menos similares grupos funcionales. Exhiben además, limitaciones y respuestas comparables para diversas alternativas de uso. Este grupo de suelos puede o no corresponder con una Serie.

2.1.4. BASES CONCEPTUALES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SITIOS

La caracterización de sitios en ambientes poco perturbados como los disponibles en sistemas de pastizales del oeste de Norte América, se realizó identificando, evaluando y describiendo las comunidades de plantas que existían. Las diferencias entre Sitios se debían en general a diferencias en la composición de especies productividad o ambas. La información para estos efectos se obtenía de diferentes fuentes:

- Evaluación de relictos de vegetación prístina y otros sectores similares en áreas sujetas a disturbios mínimos.
- Comparación de áreas similares, unas con diversos grados de utilización y otras sin alterar.
- Evaluación e interpretación de investigaciones hechas en comunidades de plantas naturales y sus respectivos sustratos.
- Revisión de literatura histórica y botánica.
- Interpolación y extrapolación de información de la vegetación existente en áreas de suelo, clima y micro ambientes similares.

Para la caracterización de Sitios comúnmente se determinaba y evaluaba la información de comunidades de plantas de un suelo a partir de especies, producción, composición y frecuencia relativa dada de las mismas. Esta evaluación se hacía para praderas naturales en situación de exclusión de pastoreo, o lo que Dyksterhuis (1949) define como lugares con condición excelente, es decir, donde el uso no ha modificado de manera sensible la composición botánica previa. Los datos obtenidos eran comparados con datos similares de otros suelos. Aquellos suelos cuyos datos relacionados con la comunidad de plantas sean similares en productividad y composición son agrupados en un mismo Sitio. Esta metodología muestra una técnica

para identificar Sitios dentro de un área geográfica o climática con una definición más pensada en su utilización para manejo de recursos que con fines ecológicos, como se desprende de la consideración subjetiva de atender o no a diferencias estadísticamente significativas en productividad.

Como suele ser difícil actualmente encontrar vegetación en condiciones prístinas o similares en una región dada, la información de suelos juega un papel importante en extender los datos existentes a situaciones ambientales similares. Francis (1984) afirma que el sitio puede ser caracterizado por la presencia y el tamaño de especies indicadoras. Propone utilizar además entre otros elementos indicadores, el color, la textura del suelo y la posición topográfica. Finalmente, propone un sistema basado en cuatro factores edáficos; condiciones físicas, humedad disponible, disponibilidad de nutrientes y aireación (**Figura 2.2**). Para este autor, en el caso de los bosques, las condiciones físicas del suelo influyen en el crecimiento en altura de los árboles en un 35%, la humedad disponible en un 35%, la disponibilidad de nutrientes en un 20% y la aireación en un 10%. Es factible por otra parte, que estos factores puedan ser ordenados como un gradiente, lo que facilitaría la caracterización de los Sitios. Así, por ejemplo, la presencia de inundaciones, napa freática o colgada, moteados y color del suelo, implican un gradiente de humedad que puede ser combinado con la pendiente del relieve, para incluir drenaje externo e interno; pero en cualquier caso, la permanencia del agua por encima de la denominada capacidad de campo, es decir la presencia de agua gravitacional ocupando los macroporos del suelo por períodos prolongados, influye en el nivel de hidratación de los óxidos de hierro y con ello en el color del mismo, desde colores neutros (grises o negros), pasando por pardos, y finalmente rojos cuando el drenaje es muy rápido, lo que facilita su caracterización a simple vista.

El U.S. Department of Agriculture (Soil Conservation Service, 1962) utilizaba para describir y diferenciar Sitios, elementos tales como presencia de napa freática, inundaciones, salinidad, textura combinada con profundidad a nivel de: arenoso, arcilloso o limoso, superficial o profundo, o alguna otra característica conspicua, tal como pendiente, recubrimientos, presencia de pans: hardpan, duripan, claypan, etc.

La vegetación es uno de los mejores indicadores de la condición del criptosistema a partir del fenosistema, pero ésta, a la par que contiene mucha información, suele ser a menudo difícil de tratar y describir científicamente (González Bernáldez, 1981). Entre los indicadores del medio que determinan una comunidad vegetal por el procedimiento de búsqueda de estructura de datos en pastizales y matorrales, destaca: profundidad de la napa freática, salinidad, movilidad del sustrato, relación carbono-nitrógeno, radiación, dinámica geomorfológica de laderas, tipo de roca y su profundidad de alteración, acidez, humedad del suelo, materia orgánica, compactación del suelo, contenido de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio, textura del suelo, exposición y altitud, además de otros debidos al uso antrópico.

De lo expuesto anteriormente surge claramente que la vegetación se adapta a una cierta combinación de factores, tales como insolación, potencial hídrico o Eh, concentración y/o disponibilidad de nutrientes, pH, presión osmótica, intensidad del viento y temperatura. Este conjunto de factores pueden ser definidos en ecología bajo los conceptos de hábitat y recursos (Gastó, 1979).

En general, es muy difícil obtener medidas precisas de aspectos tales como el mencionado potencial hídrico o insolación, o sea los componentes del hábitat, por lo que se priorizan indicadores del fenosistema, sin perjuicio de que algunas variables se estimen directamente, como puede ser la concentración de algunos iones, en particular el hidrógeno (pH). Es por esta razón que es preferible utilizar estimadores probados y fácilmente observables, incluso por quien no necesariamente sea un especialista.

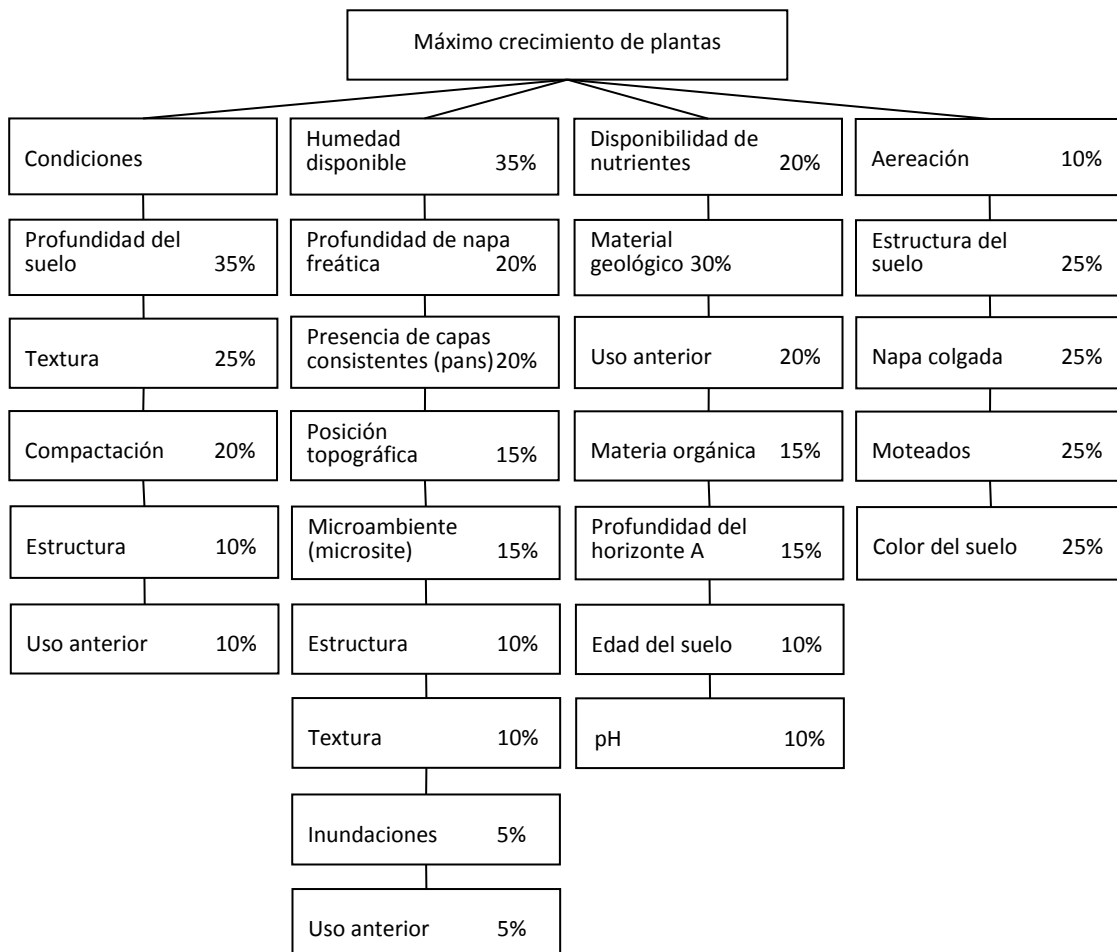


Figura 2.2. Elementos para la caracterización del sitio (Francis, 1984).

2.2. EL RELIEVE COMO ESTRUCTURADOR DEL PAISAJE

2.2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

El relieve es uno de los componentes del paisaje más relevantes para la comprensión de las relaciones ecosistémicas en la biósfera, al condicionar e integrar otros factores tales como la economía del agua, insolación, exposición a los vientos, amplitud térmica, humedad del aire, desarrollo de los suelos, presencia/ausencia de afloramientos rocosos, diversidad de ambientes a micro y meso escala, y procesos de transporte y deposición de sedimentos, entre otros.

Es por ello que en forma empírica se viene utilizando la categoría de Distrito, propuesta en Panario, Gallardo y Gastó (1987) y en Gastó, Cosio y Panario (1993a), con algún criterio de clasificación *ad hoc* en etología de mamíferos y aves, estudios de comunidades, territorialización de la biodiversidad, servicios ecosistémicos, entre otros (algunos ejemplos pueden verse en: Infante *et al.*, 1989; Silva, 1991; Gastó *et al.*, 1993a, 1999b, 1999, 2002a, 2002b, 2005, 2008; Molerá Aparicio y Mena Guerrero, 1995; Bermejo *et al.*, 2000; Mata *et al.*, 2000; Guzmán Casado *et al.*, 2000; Alzérreca *et al.*, 2001; Swinton *et al.*, 2001; Castellaro y Squella, 2006; Kunst *et al.*, 2006; Cosio *et al.* 2007; Lavandeira Thoms, 2007; Carlsson *et al.*, 2009, entre otros).

Tal clasificación debe valerse de características genéticas de los paisajes, o sea de las relaciones procesos-formas, que minimicen la posibilidad de que una misma unidad elemental del paisaje, a la que denominamos “Sitio” aparezca en dos unidades distintas del rango jerárquico superior, y que las mismas se diferencien solamente por pertenecer a distintos Distritos, aunque ello suceda cuando la subdivisión de distritos se haga con muchos intervalos o cuando por características estructurales del paisaje se generen controles estructurales que determinen planicies de abrasión tabulares e incisiones profundas sobre un mismo material generador, como ocurre en Uruguay en la zona basáltica.

La geomorfología ha resuelto su clasificación del relieve a distintas escalas según el marco conceptual de la escuela de pensamiento de que se trate. No obstante esta disciplina ha tenido un cambio de paradigma a partir de la década de 1950 por lo que las propuestas de principio del siglo pasado carecen de validez.

2.2.2. CLASIFICACIONES PARA CARTOGRAFÍA DE PEQUEÑA ESCALA

- **Clasificaciones estructurales**

Si bien existieron clasificaciones realizadas en el marco de la geomorfología estructural originada en la escuela de Willian Morris Davis (**Tabla 2.2**) esa escuela de pensamiento,

viene siendo gradualmente abandonada en razón que considera al sistema físico, acorde al pensamiento de la termodinámica clásica, como sistemas aislados que tienden a la máxima entropía cuando toda la energía potencial se ha realizado en forma de calor y trabajo y no como sistemas abiertos que alcanzan equilibrios dinámicos en los cuales a los efectos de las formas y sus procesos asociados, se tornan casi independientes del tiempo, además de la convalidación de que la dinámica de la biosfera no es cíclica, como lo proponía el modelo de Davis, sino unidireccional, por lo tanto, nunca alcanzan estados de equilibrio estático (Panario, 1999). von Engeln (1942), también propuso un sistema alternativo de clasificación de unidades geomorfológicas al de Davis que, sin embargo, se sustenta en el mismo paradigma (Tabla 2.3).

Tabla 2.2. Esquematación de los criterios de la clasificación geomorfológica.

| | |
|--------------------------------|--|
| Estructuras en capas: | Aproximadamente horizontal |
| | Moderadamente inclinada |
| | En declive inclinado y fallado |
| | Torcida (desviada) moderada o grandemente |
| | Plegada (moderadamente o fuertemente; regularmente o complejamente) |
| Estructuras masivas: | Masas cristalinas o metamorfizadas comúnmente, de resistencia uniforme, de forma tal que el drenaje es principalmente consecuente o inconsecuente, pero en algunas instancias de resistencia diferenciante, de tal manera que se desarrolla un patrón subsecuente de drenaje |
| Estructuras combinadas: | Estructuras masivas y en capas asociadas en todas las relaciones posibles |
| Estructuras volcánicas: | Conos, campos de cenizas, campos de lava en área estrecha o extensión amplia |

Tabla 2.3. Esquematación de los criterios de la clasificación geomorfológica de von Engel (1942).

| | | |
|---|--|----------------------------------|
| Grupo A Estructuras simples (a) | 1. Planos costeros | |
| | 2. Planos de piedemonte | |
| | 3. Planos tundra | |
| | 4. Planos fluviales, lacustres y deltaicos | |
| | 5. Desiertos | |
| | 6. Planos glaciales (<i>Hill</i> y <i>outwash</i>) | |
| | 7. Planos de loess | |
| Grupo B Estructuras simples (b) | 1. <i>Plateaux</i> interiores | |
| | 2. Hoyas abiertas con inclinación centrípeta | |
| | 3. Planos de escurrimiento de lava y <i>plateaux</i> | |
| | 4. Conos volcánicos | |
| Grupo C Estructuras simples (c) | 1. Unidades Karst | |
| | 2. Islas de Coral | |
| Grupo D Estructura de pliegue y falla (d) | 1. Domos levantados | Tipo (a) Lacolíticos |
| | | Tipo (b) Profundamente asentados |
| | 2. Montañas plegadas | Tipo (a) Pliegues simples |
| | | Tipo (b) Sobreplegados |
| | 3. Montañas de bloques con fallas | |
| Grupo E Unidades protegidas Masas rígidas antiguas (e) | 1. Masas ígneas antiguas | |
| | 2. Sedimentos peneplanados y metamórficos | |
| | 3. Glaciares continentales | |

NOTAS: (a) En general sedimentos no consolidados, (b) Rocas consolidadas, (c) Composición de rocas calcáreas, (d) Rocas consolidadas. Comúnmente compuestas de o envolviendo sedimentos, (e) Rocas metamórficas e ígneas. Planos, *plateaux* y topografía de montañas de larga historia erosiva.

Lo mismo puede decirse de la clasificación de Löbeck (1939) que incorpora la noción de tiempo con una visión biologicista pretendiendo que el relieve evolucione como los seres vivos, de la juventud a la vejez, tal como el modelo evolutivo de Davis, muy popular en la época (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Esquemmatización de los criterios de la clasificación geomorfológica de Löbeck (1939).

| CONSTRUCTIVA | | | | | | |
|-----------------|------------|-------------------------------|--|---|----------------------------------|--|
| Estructura | | Proceso | | Estado | | |
| Geología | Geoforma | Fuerza destructiva | | Joven | Maduro | Viejo |
| Simple | Horizontal | Plano Relieve Bajo | | Plano joven | Plano maduro | Plano viejo |
| | Horizontal | Plateau Alto Relieve | | Plateau joven | Plateau maduro | Plateau viejo |
| | Domo | Montaña domo | | Montaña domo joven | Montaña domo maduro | Montaña domo viejo |
| | Fallada | Montañas bloques | | Montaña bloques jóvenes | Montaña bloques maduras | Montaña bloques viejas |
| Desordenadas | Plegada | Montañas plegadas | | Montaña plegadas jóvenes | Montaña plegadas maduras | Montaña plegadas viejas |
| | Compleja | Montañas complejas | | Montañas complejas jóvenes | Montañas complejas maduras | Montañas complejas viejas |
| DESTRUCTIVA | | | | | | |
| Fuerza | | Erosiva | | Residual | | Deposicional |
| Intemperización | | Cavidades y fosas | | Domos de exfoliación | | Conos de talud Deslizamientos |
| Corrientes | | Valles Cañones | | Crestas de montañas | | Deltas aluviales Planos de inundación |
| Glaciares | | Circos Cauces de glaciares | | Cumbres tipo <i>Matterhorn</i> | | Morrenas <i>Drumli</i> <i>Eskers</i> |
| Olas | | Corrientes marinas | | Plataformas farrallones acantilados | | Barras Playas |
| Vientos | | Blowholes | | Pedestales rocosos | | Dunas Loess |
| Organismos | | Excavaciones | | --- | | Arrecifes de coral Hormigueros |

Tricart y Cailleux (1965) presentan la primera crítica seria al modelo Davisiano, resaltando la importancia del clima y la vegetación en la evolución de los paisajes. Según estos autores la combinación de variables: clima, material geológico y vegetación, genera un paisaje característico para cada región. En su tratado de geomorfología lo prueban fijando de a dos variables en cada caso, y analizando las estructuras características asociadas. El clima domina el modelado de las formas y los procesos a ellos asociados, e incluso fijando las demás variables, la vegetación hace la diferencia aunque la tendencia “en el límite” siga el modelo de Davis, o más propiamente el de Penk (1953), como lo demuestran estudios de paleosuperficies de Rabassa (2010) y Panario *et al.* (2014).

Tricart y Cailleux fueron unos de los primeros geomorfólogos modernos en establecer un sistema de clasificación de paisajes a diferentes escalas a partir de su disciplina (**Tabla 2.5**). Esta clasificación se basa hasta la VI categoría, en una geomorfología estructural que en algunos aspectos no se diferencia totalmente del modelo estructural propuesto por Davis, introduciendo los aspectos climáticos como alternativas a las distintas escalas.

Por otra parte, los procesos elementales de génesis de las geoformas no respetan tan claramente la escala, existiendo por ejemplo cuencas sedimentarias de tamaño reducido o graben de enorme dimensión. En general esta clasificación ha sido utilizada en trabajos de escala regional o continental (menores de 1:1.000.000) o de escalas de detalle, mayores de 1:20.000.

2.2.3. CLASIFICACIONES POR REGIONES MORFOGENÉTICAS

Acorde a Christofolletti (1980) las clasificaciones de regiones morfogénicas se dividen en inductivas, sintéticas y objetivas.

- **Clasificaciones inductivas**

Entre las primeras, la de Peltier (1950), adoptada luego por Leopold *et al.* (1964), realizan una clasificación en función de la precipitación y la temperatura, Peltier realizó una clasificación de procesos morfogénicos y no de las formas resultantes de dichos procesos (**Tabla 2.6**).

Tabla 2.5. Clasificación de figuras geomorfológicas de Tricart y Cailleux (1965).

| Orden | Unidades superficie terrestre en Km ² | Características de las Unidades con ejemplos | Unidades climáticas equivalentes | Mecanismos básicos que controlan el relieve | "Tiempo" de persistencia |
|--------------------------------------|--|---|--|--|------------------------------------|
| I | 10 ⁷ | Continentes; fosas oceánicas | Grandes sistemas zonales controlados por factores astronómicos | Diferencias de la corteza terrestre entre sial y sima | 10 ⁹ |
| II | 10 ⁵ | Grandes entidades estructurales- (Scandinavia shield, Tehys, Congo basin) | Tipos climáticos mayores (influencia de factores geográficos en factores astronómicos) | Movimientos de la corteza, como en la formación de "geosinclinales". Influencia climática en disección | 10 ⁸ |
| III | 10 ⁴ | Unidades estructurales (Paris basin, Jura, Massif) | Subdivisiones de los tipos climáticos mayores, con poca significación para erosión | Unidades tectónicas que tienen una relación con la paleogeografía, grado de erosión influencia por litología | 10 ⁷ |
| IV | 10 ² | Unidades tectónicas básicas: "Mountain massif", "horsts", "fault troughs" | Climas regionales influenciados predominante por factores geográficos, especialmente en áreas montañosas | Influencia predominante por factores tectónicos, secundariamente por litología | 10 ⁷ |
| LIMITE DE AJUSTES ISOSTÁTICOS | | | | | |
| V | 10 | "Ities" tectónicas irregulares, "anticlinales", cerros | Clima local, influenciado por patrones de relieve: efectos altitudinales | Predominio de litología y aspectos estáticos de estructura | 10 ⁵ 10 ⁷ |
| VI | 10 ⁻² | Geoformas, escarpas, terrazas, circos, morrenas, "dabris", etc. | Mesoclima, directamente ligado a la geoforma. Ejemplos: "nivation hollow". | Predominio de procesos influenciados por litología | 10 ⁴ |
| VII | 10 ⁻⁶ | Microformas, "Solifluxion lobes", "polygonal soils", "nebka", "badland and gully" | Microclima, directamente ligado con la forma. Ejemplo: lapies (karren) | Predominio de procesos influenciados por litología | 10 ² años |
| VIII | 10 ⁻⁸ | Microscópico, Ej.: detalles de disolución y "polishing" | Micro-ambiente | Relacionado con procesos y a textura rocosa | |

Tabla 2.6. Clasificación basada en precipitación y la temperatura, según Peltier (1950).

| Región morfo genética | Limites calculados de las medias anuales | | Características morfológicas |
|-----------------------|--|--------------------|---|
| | T (°C) | Precipitación (mm) | |
| Glacial | -18 a 7 | 0 – 1.150 | Erosión glacial, nivación, acción eólica |
| Periglacial | -15 a -1 | 125 – 1.400 | Movimientos de masa acentuados, acciones eólicas moderada a fuerte, efecto débil del agua corriente |
| Boreal | -9 a 3 | 250 – 1.500 | Acción moderada de geliviación, acción eólica moderada a leve |
| Marítima | 2 a 21 | 1.300 – 1.900 | Efecto moderado de agua corriente, acción acentuada de movimientos de masa, acción moderada a fuerte del agua corriente |
| Selva | 16 a 29 | 1.4000 – 2.300 | Acción acentuada de los movimientos de masa, débil efecto de erosión en las vertientes, acción nula del viento |
| Templada | 3 a 29 | 900 – 1-500 | Máxima acción del agua corriente, moderada acción de los movimientos de masa, leve movimiento de la geliviación en las áreas más frías, acción insignificante del viento, excepto en el litoral |
| Sabana | 12 a 29 | 650 – 1.300 | Acción del agua corriente de fuerte hasta débil, acción moderada del viento |
| Semiárida | 2 a 29 | 250 - 600 | Acción fuerte del viento, acción del agua corriente de moderada a fuerte |
| Árida | 13 a 29 | 0 - 400 | Acción fuerte del viento, acción leve del agua corriente de los movimientos de masa |

Tabla 2.7. Esquemmatización de los criterios de la clasificación geomorfológica de Tricart y Cailleux (1965).

| | |
|---|--|
| Zona fría (factor predominante hielo) | Dominio glacial |
| | Dominio periglacial |
| Zona forestal de latitudes medias (sobrevivencia de formas glaciares y periglaciares del cuaternario) | Dominio marítimo e inviernos suaves, reducida acción del hielo y fuerte sobrevivencia de formas glaciares y periglaciares. |
| | Dominio continental con inviernos rudos, intensa acción del hielo actual y cuaternario permitiendo la sobrevivencia ocasional de permafrost del cuaternario. |
| | Dominio mediterráneo con veranos secos con pequeña influencia de modelados glaciares y periglaciares cuaternarios |
| Zonas áridas y semiáridas de latitudes bajas y medias (caracterizadas por cobertura vegetal poco densa y escurrimiento intermitente) | Árido frío |
| | Árido caliente |
| | Semiárido frío |
| | Semiárido caliente |
| Zona intertropical (con temperatura elevada y escurrimiento abundante) | Dominio de sabana con cobertura menos densa con pluviosidad, menor escurrimiento difuso, importantes acciones químicas intermitentes. |
| | Dominio de selvas con cobertura vegetal densa y elevada humedad con acciones químicas y bioquímicas intensas. |

- **Clasificaciones sintéticas**

Las clasificaciones de este tipo también parten de la influencia climática sobre el modelado. Entre ellas destaca la clasificación de regiones morfoclimáticas de Tricart y Cailleux (1965). Los supuestos básicos de la misma son:

- Existencia de grandes zonas climáticas y biogeográficas en las categorías de jerarquía más alta.
- Combinación de factores climáticos y biogeográficos con datos paleoclimáticos para la subdivisión de las categorías mayores (**Tabla 2.7**).

Büdel (1963, 1969 en Christofletti, 1980) combina factores climáticos, paleoclimáticos y otros como petrografía, epirogenesis, nivel de base, influencia del relieve global y acción humana (**Figura 2.3**):

- Zona glaciaria (polos y montañas elevadas).

- Zona de formación pronunciada de valles (regiones subpolares, libres de hielo y permafrost).
- Zona extratropical de formación de valles (mayoría de las regiones de latitudes medias caracterizadas actualmente por procesos moderadamente activos subordinados a testigos fósiles de períodos glaciares).
- Zona subtropical de pedimentos y formación de valles.
- Zona tropical de formación de superficies de aplanamiento.

2.3. CLASIFICACIONES OBJETIVAS

Entre ellas se cita la de Peltier (1962), quien utilizó el relieve medio y la pendiente media, clasificando las unidades en grandes grupos climáticos (tundra, microtermal, mesotermal y tropical).

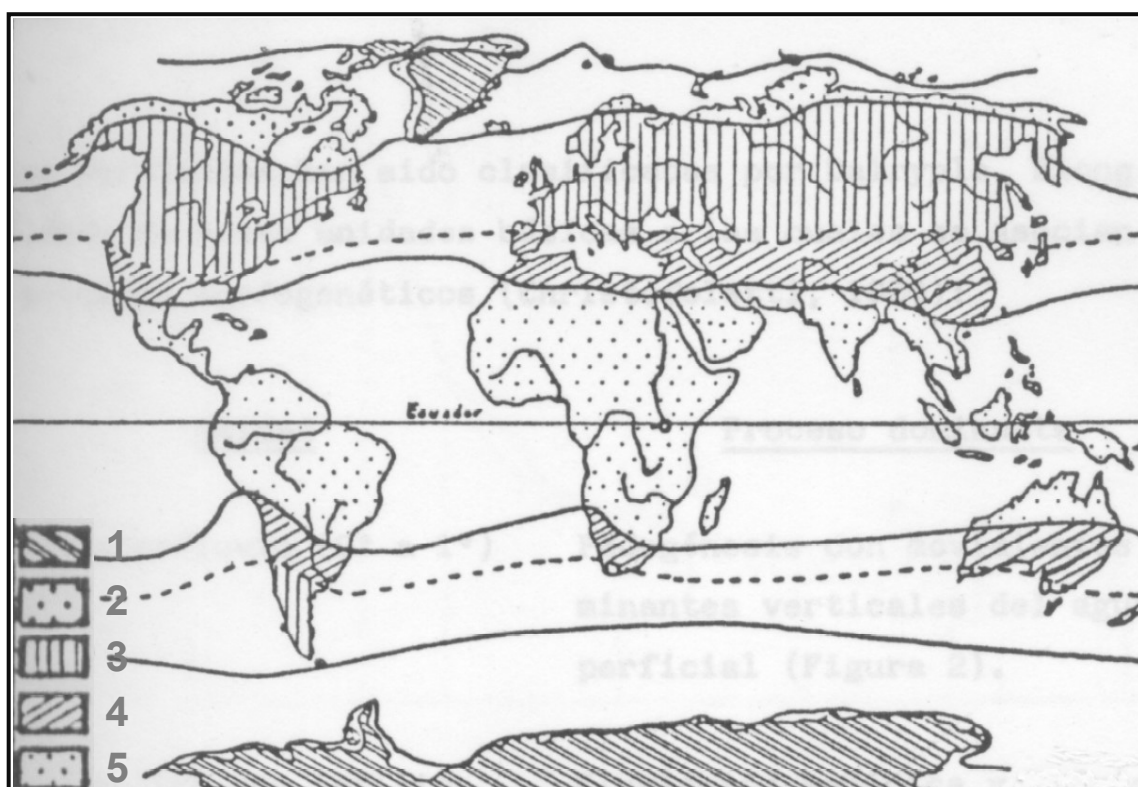


Figura 2.3. Zonificación morfoclimática de Büdel (1963 en Christofolletti, 1980) que combina factores climáticos, paleoclimáticos y otros como petrografía, epirogénesis, nivel de base, influencia del relieve global y acción humana: 1. Zona glaciaria (polos y montañas elevadas); 2. Zona de formación pronunciada de valles (regiones subpolares, libres de hielo y permafrost); 3. Zona extratropical de formación de valles (mayoría de las regiones de latitudes medias caracterizadas actualmente por procesos moderadamente activos subordinados a testigos fósiles de períodos glaciares); 4. Zona subtropical de pedimentos y formación de valles; 5, Zona tropical de formación de superficies de aplanamiento.

Otra clasificación del tipo objetivas fue la realizada por Caine en 1967 (en Christofoletti, 1980), utilizando la velocidad media con que una cuenca de drenaje está siendo rebajada en relación al potencial morfogenético y el clima. Establecía un sistema jerárquico en cuyo primer nivel separa montañas de bajadas, las cuales se subdividen en función del clima en árido, pluvial, y glacial.

A los efectos de una clasificación utilitaria jerárquica el clima debe ser utilizado a los niveles jerárquicos superiores y por tanto, a escalas operativas a nivel de región o subregión, la geoforma debe ser analizada a la escala de las vertientes y los valles.

2.3.1. CLASIFICACIÓN POR PROCESOS MORFOGENÉTICOS A NIVEL DE TOPOSECUENCIA

Las vertientes han sido clasificadas por Dalrymple *et al.* (1968) en nueve unidades básicas (**Tabla 2.8**) a las cuales se asocian determinados procesos morfogenéticos (Christofoletti, 1980):

Tabla 2.8. Las nueve unidades básicas de las vertientes según Dalrymple *et al.* (1968) y los procesos morfogenéticos asociados a las mismas.

| Unidad | | Proceso dominante |
|--------|--|---|
| 1 | Interfluvio (0º a 1º) | Pedogénesis con movimientos predominantes verticales del agua superficial (Figura 2.4) |
| 2 | Declive con infiltración (2º a 4º) | Eluviación mecánica y química producida por movimientos laterales del agua (drenaje hipodérmico) |
| 3 | Declive convexo con reptación | Reptación y formación de terracetes |
| 4 | Escarpa: pendiente mayor a 45º | Pendiente de transporte de materiales por gravedad, dominio de denudación en cualquier condición climática |
| 5 | Declive intermedio transporte (ángulo 45º a 35º) | Transporte por movimientos de masa predominantemente de gravedad |
| 6 | Porción coluvial (ángulos entre 26º y 35º) | Reposición de material por los movimientos de masa y escurrimiento superficial. Formación de conos de deyección |
| 7 | Declive aluvial (0º a 4º) | Deposición aluvial, terrazas |
| 8 | Margen de curso de agua | Erosión pluvial, desmoronamientos |
| 9 | Lecho de cursos de agua | Transporte fluvial |

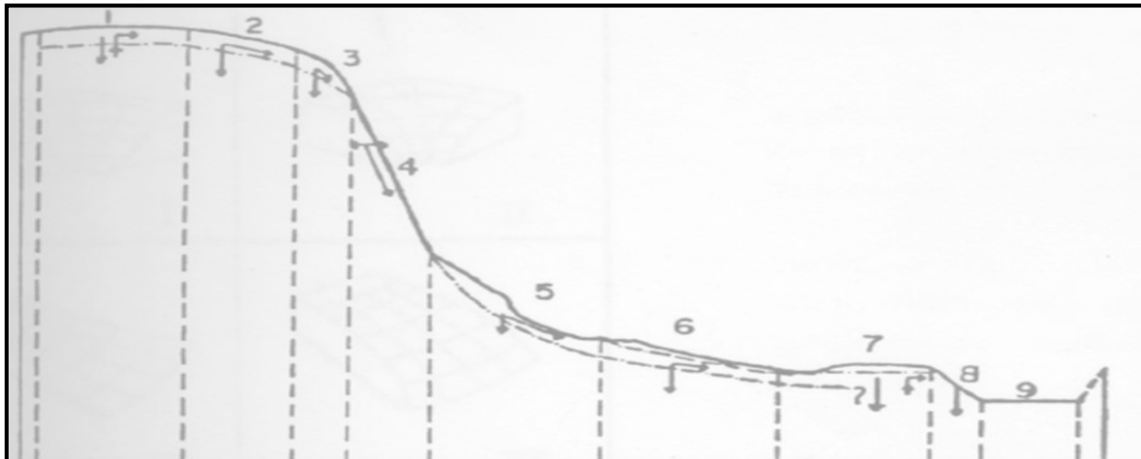


Figura 2.4. Clasificación de pendientes según Dalrymple *et al.* (1968, en Christofolletti, 1980). La línea punteada indica el límite inferior de formación de suelos.

Troeh (1965) clasifica las vertientes según su forma en cuatro tipos básicos (Figura 2.5):

- Vertientes con radiales cóncavos y contornos cóncavos.
- Vertientes con radiales convexos y contornos cóncavos.
- Vertientes con radiales cóncavos y contornos convexos.
- Vertientes con radiales convexos y contornos convexos.

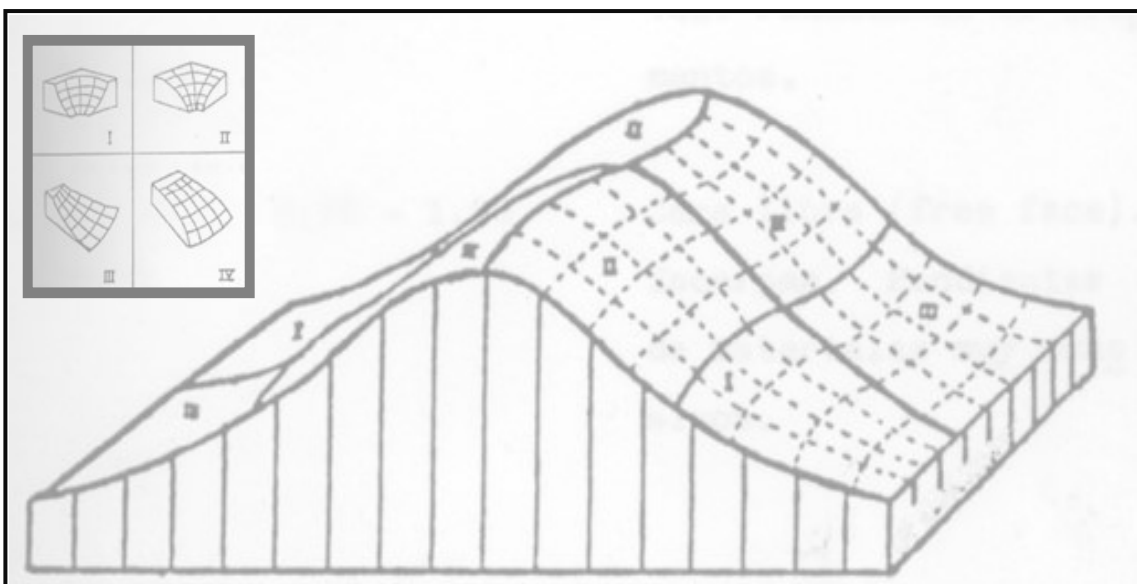


Figura 2.5. Pendientes según Troeh (modificado de Fairbridge, 1968).

Miller y Sumerson (1960), clasificaron las pendientes según cuatro divisiones basadas en segmentos iguales de la función (Tabla 2.9):

$$X = \sqrt{\text{Sen } A}$$

Donde, A = ángulo de la vertiente.

Tabla 2.9. Clasificación de pendientes según Miller y Sumerson (1960).

| Clases | Angulo | $\sqrt{\text{Sen } A}$ | Ocurrencia |
|--------|-----------------|------------------------|--|
| 1 | 0 a 3°35' | 0 - 0,25 | Depósitos fluviales. Laderas de acumulación. Planos de ablación |
| 2 | 3°36' a 14°29' | 0,25 - 0,50 | Abanicos aluviales (conos). Pedimentos parte inferior de pendientes constantes. |
| 3 | 14°29' a 34°14' | | Límite superior de reposo de materiales cohesivos. Pendientes de fragmentos. |
| 4 | 34°15' a 90° | 0,75 - 1,00 | Cara libre (<i>free face</i>). Escarpas. Pendientes de materiales muy cohesivos. |

2.4. RELACIONES ENTRE DISTRITO (RELIEVE) Y SITIO

Las relaciones que se establecen entre Distrito y Sitio varían en función de las características de los distintos Distritos, así como de las Provincias, en las que aparecen. En este sentido cabría distinguir dos situaciones bien diferenciadas; los Distritos dependientes o subordinados y los Distritos autónomos.

En general, puede afirmarse que los Distritos autónomos con suelos autógenos presentan distinto padrón de Sitios según la composición de la roca madre. En sentido inverso, en cambio, a igualdad de material original, es dable esperar que se repita el padrón e incluso la proporción de Sitios. Incluso la geoforma del Distrito tenderá a repetirse, al menos topológicamente.

El carácter equifinal que presenta el sistema edáfico cuando es sometido a procesos de evolución muy intensos, puede sin embargo minimizar las diferencias litológicas. Es así como cierto tipo de vegetación, tal como los bosques de coníferas, pueden determinar la evolución ulterior del suelo con relativa independencia del material generador. La disciplina que ha realizado un estudio más pormenorizado aplicable a estas relaciones es la Geomorfología climática. Posiblemente una de las revisiones más completas del funcionamiento a diversas escalas, de los distintos sistemas morfoclimáticos, puede ser el tratado de geomorfología de Tricart y Cailleux (1965), y más recientemente el de Gutiérrez Elorsa (2001).

Un tratamiento similarmente profundo, referente específicamente al Sitio trasciende el objetivo de este trabajo. Sin embargo, es posible al menos establecer algunas relaciones de carácter general y su variación, en relación a diferentes ambientes morfoclimáticos con sus connotaciones desde el punto de vista de la génesis de los suelos.

Una disciplina relativamente nueva y que aporta elementos a la comprensión de las relaciones que se establecen entre Distritos y sus Sitios, cuando se encuentran asociados en un paisaje, es la Geoquímica del Paisaje, desarrollada inicialmente por científicos soviéticos como Polynov (1952, citado en González Bernáldez, 1981), y que ha tenido fuerte repercusión en las Ciencias de la Tierra, fundamentalmente en Europa. Según González Bernáldez (1981) una clasificación de paisajes con este criterio, podría ser la propuesta por Glazovskaya (1963) (**Tabla 2.10**).

González Bernáldez (1981) separa tres clases de paisaje en relación al ordenamiento y diversidad de los sitios. Este autor distingue:

- a) **Paisajes vectoriales** que son aquellos con un gradiente de pendiente muy marcado y en los cuales existe una ordenación de sitios en forma de pisos, bandas, etc., separables por planos horizontales;
- b) **Paisajes en mosaico**, característicos de relieves ondulados en los cuales ha surgido el concepto de catena, en razón de la variación del suelo en relación a cambios en la dinámica del agua en corta distancia; y finalmente
- c) **Paisajes zonales**, los sitios de grandes llanuras caracterizados por su gran homogeneidad y donde la variación fundamental está relacionada con la latitud que, según el autor, habrían inspirado el concepto de zonalidad.

Es de hacer notar que no todos los sistemas de clasificación de unidades de paisaje utilizan los niveles jerárquicos superiores. En los Estados Unidos se utilizó generalmente sólo la unidad básica, la que se describía utilizando aquellos elementos necesarios para su reconocimiento en el campo, con independencia de que sean o no los que de alguna manera explican la existencia y productividad de una comunidad biótica, y sólo posteriormente se comenzó a trabajar con sistemas jerárquicos (Bailey, 2009).

En general, las distintas clasificaciones son relativamente dependientes de las características de los geosistemas que caracterizan y de la información que de ellos poseen, lo que dificulta la posibilidad de generar una clasificación de carácter universal que incluya los diferentes niveles jerárquicos.

Tabla 2.10. Clasificación de paisajes elementales según el tipo de migración de los elementos químicos (Glazovskaya, 1963).

| Grupo de paisaje (según B.B. Polynov) | Según el tipo de Integración geoquímica | Según los ciclos de migración de los elementos en las rocas originarios | | |
|---------------------------------------|---|---|---|--|
| | | Primario (ORTO) | Secundario (PARA) | Secundario sobreimpuesto (NEO) |
| ELUVIAL | ELUVIAL (mesas, antiguas llanuras bien drenadas) | ORT-EL (orto-eluvial en rocas ígneas masivas) | PAR-EL (para-eluvial en rocas sedimentarias densas) | N-EL (neo-eluvial en sedimentos sueltos) |
| | TRANS-ELUVIAL (partes superiores de las laderas) | TRANS-ORT-EL (trans-orto-eluvial) | TRANS-PAR-EL (trans-para-eluvial) | TRANS-N-EL (trans-neo-eluvial) |
| | ELUVIAL-ACUMULATIVO (partes de laderas y cárcavas secas) | ORT-EL-AC (trans-orto-eluvial-acumulativo) | PAR-EL-AC (transpara-eluvial-acumulativo) | N-EL-AC (neaeluvial acumulativo) |
| | ACUMULATIVO-ELUVIAL (depressiones con capa freática profunda) | ORT-AC-EL (orto-acumulativo-eluvial) | PAR-AC-EL (para-acumulativo-eluvial) | N-AC-EL (neo-acumulativo-eluvial) |
| SUPERACUAL | TRANS-SUPERACUAL (transhidromórfico) | TRNSHIDRORT (trans-orto-hidromórfico) | TRANS-HIDRO-P (para-trans-hidromórfico) | TRANS-HIDRO-N (neo-trans-hidromórfico) |
| | SUPERACUAL (depressiones con poco drenaje) | HIDRO-ORT (orto-superacual) | HIDRO-P (parasuperacual) | HIDRO-N (neo-superacual) |
| SUBACUAL | TRANS-ACUAL (ríos, lagos con flujo) | TRANS-ACUAL | | |
| | ACUAL (lagos estancados) | ACUAL | | |

2.5. LECCIONES APRENDIDAS. ALGUNAS PUNTUALIZACIONES SOBRE DISTRITO (RELIEVE) Y SITIO A SER TENIDAS EN CUENTA PARA UNA NUEVA PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE PAISAJES

Como se desprende de la evolución del concepto, el Sitio es una unidad ecosistémica, un complejo homogéneo del paisaje. Que clasifica tierras combinando los efectos del clima, las características permanentes del suelo y la vegetación; es el producto de la interacción de factores ambientales: edáficos, climáticos, topográficos y bióticos; que resultan (salvo casos excepcionales) en ecosistemas maduros, en una determinada comunidad de plantas con un potencial determinado de productividad primaria.

Por otra parte, la umbría o la solana, sotavento o barlovento, o aún variaciones menos drásticas de exposición, suelen producir modificaciones en la comunidad vegetal o en su productividad, suficientes como para clasificarlos en distintos Sitios, sin que la serie o fase cambie en otro factor que no sea la propia exposición.

Al caracterizarse el Sitio básicamente por la vegetación y las diferencias en productividad primaria, se considera en forma indirecta los factores climáticos y los requerimientos ecológicos de los vegetales, y con ello generalmente a una escala menor (arreglos de sitios o de distritos) a la fauna asociada.

➤ Sobre bases conceptuales

Como en la presente propuesta lo que se pretende es utilizar el mínimo de clases, ello implica necesariamente rangos más amplios para cada una, permitiendo diferenciar todos los sitios que sean realmente diferentes, sin pretender que aquellos elementos que los caracterizan, expliquen su comportamiento o la presencia de la comunidad de seres vivos que en él se desenvuelven, la cual por otra parte, es resultado de una coevolución y de inercias del pasado de difícil interpretación a partir de observaciones del fenosistema o el criptosistema.

De la misma forma que una clave botánica se sirve solamente del mínimo de características morfológicas para alcanzar su objetivo; aunque priorice por lo común aquellas partes de la anatomía vegetal más vinculadas a su genética como lo son los órganos reproductivos, el presente sistema de clasificación utiliza los rasgos indispensables que caractericen y diferencien un ambiente, pero priorizando aquellos más relacionados a la génesis del sustrato. No obstante, con el actual estado del arte, se está muy lejos en edafología de poder determinar cuáles características fenológicas están directamente relacionadas a la génesis de un pedón, máxime cuando la respuesta a cambios en el sistema pueden reflejarse un tiempo después, y con una magnitud difícil de precisar.

La interpretación de los tiempos varía sustancialmente con la evolución de la Ciencia del Suelo. En efecto el factor tiempo en el desarrollo de un suelo, fue estimado por la edafización de la parte superior de una muralla, cuya fecha de construcción era conocida, hasta que se comprobó que ese efecto era producido por la disminución de la fricción del viento que al sobrepasar el muro depositaba sobre él los sedimentos. Por otra parte, el tiempo de evolución de los minerales arcillosos se pensaba en milenios, hasta que Barré *et al.* (2007) entre otros autores, comenzaron a comprobar que respondía a cambios de la vegetación, al menos bajo ciertas circunstancias, en tiempos más propios de lo biológico que de los minerales. Atento a ello, en la presente propuesta se establecerá sobre la base de límites precisos e información de rutina en relevamientos y análisis de suelos, aquellos indicadores de probada relación con comunidades vegetales, acorde a la experiencia, tanto nacional recabada durante el relevamiento de suelos del Uruguay, como internacional de los parámetros utilizados en los sistemas de clasificación relevados.

Resulta claro que el agrupamiento de unidades elementales en otras de mayor complejidad, que sean exhaustivas, mutuamente excluyentes y cartografiables, debe tomar en cuenta las geoformas que agrupan la totalidad de las unidades elementales de una característica dada. Ello requiere contar con una clasificación de geoformas con capacidad de resolución cartográfica menor a 1:250.000, que en el sistema propuesto denominaremos **Distrito**, y que se corresponde conceptualmente a “*Land Unit*” del sistema de clasificación del *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO) de Australia.

Por último, para realizar una cartografía basada en unidades geo-morfo-estructurales se requiere conocer el origen de las formas del relieve.

CAPÍTULO 3.

ENTENDER PARA CONSTRUIR. ANALIZANDO LAS VARIABLES USADAS EN LAS CLASIFICACIONES DE PAISAJE



INTRODUCCIÓN

Una primera etapa previa a desarrollar una propuesta de Clasificación de Paisaje es la definición de las variables que serán usadas. Un esfuerzo previo que implica primero entender la evolución que ha tenido el concepto de Clasificación de Paisaje (**Capítulo 2**), para luego poder pasar a etapas de selección y caracterización de las variables requeridas para cada nivel del sistema.

Una etapa posterior, implica la subdivisión por rangos de cada variable. En este capítulo se analizan detalladamente las variables que serán usadas en el desarrollo de la tesis.

Estas variables están intrínsecamente asociadas a procesos genéticos vinculados a las vertientes, como son la **edafización** y la **morfogénesis**, relacionadas respectivamente a Sitio y Distrito.

Por otra parte se analizan los fundamentos de las definiciones de las categorías superiores del sistema de Clasificación de paisaje.

3.1. SITIO, VARIABLES DERIVADAS DE LOS PROCESOS DE EDAFIZACIÓN

A partir del análisis de los antecedentes fue considerado que para la situación de Uruguay, y a partir de la información disponible, sería adecuado utilizar los indicadores del suelo de carácter más permanente, que sean observables en su mayoría a simple vista o inferibles por otras propiedades del fenosistema, y en la medida de lo posible que resumieran más de una de las propiedades mencionadas por González Bernáldez (1981).

3.1.1. TEXTURA Y PROFUNDIDAD

La profundidad del suelo es una medida del volumen activo del sustrato de donde se obtienen los nutrientes que las plantas necesitan para su crecimiento y desarrollo. El volumen de suelo es además, una medida de su capacidad de almacenar agua para ser utilizada en los procesos vitales de las plantas; por lo que es una de las variables que mejor representa el potencial físico-químico del suelo.

Las actividades de retención e intercambio de nutrientes ocurren fundamentalmente en la superficie de las partículas del suelo. Las partículas de las texturas más finas presentan una mayor superficie por volumen de suelo, que las de las texturas más gruesas, en la medida que la misma se incrementa a la tercera potencia con la

subdivisión de un volumen dado. Es por ello que permaneciendo constante otras características, en particular la mineralogía de las arcillas, la capacidad de intercambio catiónico es mayor en las texturas más finas. La porosidad también está relacionada con la textura, y con ello la economía del agua y la relación agua-aire en el suelo.

Es posible combinar en forma natural estas dos variables; textura y profundidad, lo cual permite representar en una sola clase estas propiedades. Posiblemente, esta combinación representa el indicador más relevante del potencial del Sitio en términos de productividad primaria al incluir disponibilidad de nutrientes y de agua.

3.1.2. DRENAJE E HIDROMORFISMO

Como surge claramente de la revisión bibliográfica, todos los autores priorizan utilizar estimadores del hidromorfismo edáfico, dado que su presencia es observable por cambios de coloración hacia colores neutros o moteados que indican condiciones de reducción permanentes o temporarias.

El hidromorfismo si bien idealmente puede ser cuantificado por el potencial redox, dado que este valor se modifica rápidamente en el tiempo, es más práctico estimarlo a través de parámetros medibles cuantitativamente o inferibles a través de otras propiedades también ponderables como el color, que da cuenta del drenaje interno y externo, así como por otras propiedades como la capacidad de aceptación de agua por el suelo, la humedad disponible a diferentes presiones, y la aireación; más otras características inherentes al clima, relacionadas con el balance hídrico, tales como frecuencia e intensidad de precipitaciones, evapotranspiración; o vinculadas a la posición en el relieve como la existencia y duración de inundaciones, etc.

Otro estimador del drenaje externo es la pendiente y forma del relieve. Las pendientes más fuertes y de sección transversal convexa (**Figura 2.5**), dispersadoras de agua *sensu* Troeh (1965), son las que eliminan más rápidamente el agua por escurrimiento, en tanto las concentradoras acumulan agua y aunque por escala no puedan ser separadas en cartografía, suelen sostener comunidades vegetales con mayor exigencia de humedad, en general en estos lugares el suelo cambia lo suficiente como para ser otro sitio, pero su fragilidad hace que a su interior se generen incisiones (cárcavas) que producen la rápida eliminación del agua del perfil transformando de forma irreversible el sitio.

El drenaje interno es más difícil de inferir en rangos discretos y frecuentemente los intervalos elegidos en pedología, lo son sobre la base de los procesos que hacen a la génesis del suelo y no al hábitat edáfico. Así, es frecuente encontrar subdivisiones tales como drenaje rápido, moderado, imperfecto y pobre. La categoría de imperfecto se reserva para aquellos suelos que presentan napa de agua colgada independientemente de la profundidad a que aparezca; en tanto que para la

vegetación, la profundidad en que aparece es más importante, dentro de ciertos rangos, que la intensidad de la eventual condicionante.

Existen sin embargo, situaciones cualitativamente muy distintas que pueden ser observadas a campo o tomadas de descripciones rigurosas del perfil edáfico como lo son: presencia de napa freática, de napa colgada, de moteados u otros signos de hidromorfismo como colores neutros y finalmente, colores pardos y rojos lo cual estima un gradiente de potencial *redox* (oxidación-reducción) que está en directa relación con el potencial hídrico para las condiciones normales del suelo, o dicho de otra forma, con el balance disponibilidad de agua y de oxígeno. A su vez, dentro de las primeras de estas categorías, cabe hacer subdivisiones en relación a la profundidad a que aparecen las limitaciones por drenaje, dado que es diferente un sitio con napa permanente a nivel de la superficie del suelo, que a 60cm, o a más de 120cm, aunque taxonómicamente todos sean "Gleysols".

La capacidad de aceptación de agua de los suelos y su humedad disponible puede ser parcialmente estimada por su textura y profundidad. En suelos muy diferenciados con un horizonte B textural muy pesado (*claypan*) el mejor estimador es la textura y profundidad del horizonte A. La permeabilidad no parece ser un estimador fundamental para caracterizar Sitios, dado es una medida de conductividad hidráulica que desde el punto de vista de la biota se manifiesta a través del drenaje interno.

Los drenajes lentos suelen coincidir con algún grado de hidromorfismo, en tanto los drenajes nulos para nuestras condiciones climáticas (clima **cfa** de Köppen-Geiger; Peel *et al.*, 2007) siempre coincidirán con alguna categoría de hidromorfismo, pero dado la importancia de este último factor cuando presente, se lo señala específicamente.

3.1.3. CONCENTRACIÓN IÓNICA (PH/SALINIDAD)

La concentración iónica puede ser estimada de diferente forma, según sean las características de los iones y su acción sobre la vegetación. El estimador más obvio es el pH. Otros indicadores de concentración iónica que se utilizarán es la conductividad eléctrica como medida de la salinidad, cuando la misma está presente.

3.1.4. ROCOSIDAD

Se entiende por rocosidad, la existencia en el suelo de clastos de tamaño mayor a 10cm de diámetro o afloramientos rocosos. Su presencia se asocia en general a formas erosivas de ambientes con fuerte pendientes, tanto de erosión, como de acumulación en el caso de conos de derrubios, o paleopavimentos de retroceso de escarpas (Tricart y Cailleux, 1965).

Ocasionalmente la rocosidad también está asociada a las zonas de erosión de bajadas o glaciares, producidas en condiciones de clima semiárido, pero que cuando aparecen sobre rocas resistentes, como son en el Uruguay los basaltos de la Formación Arapey, pueden presentar afloramientos y rocas sueltas aún en situaciones de muy baja pendiente.

3.1.5. VARIABLES OPCIONALES

La cantidad de variables que deben ser utilizadas para poder caracterizar a un sitio, es una decisión que debe ponderar cual es la mínima cantidad de variables requeridas, y esta selección debe basarse en un compromiso entre la menor cantidad de variables requeridas y la adecuada capacidad de discriminar ambientes. Para ello, en algunas ocasiones para poder caracterizar adecuadamente un sitio, se requiere incorporar al análisis alguna variable opcional. Se proponen una serie de variables opcionales, que eventualmente pueden utilizarse, y que están disponibles en los análisis de caracterización de suelos convencionales.

- **Exposición**

En términos generales la intensidad de la radiación solar es una propiedad de la Provincia y en la medida en que no existan otras limitantes es un factor clave en la productividad primaria. La exposición de la pendiente condiciona las horas de sol recibidas y el ángulo con que llega la radiación y por tanto su intensidad por lo que tiene una importancia significativa, que aumenta en relación a la pendiente del terreno y a la latitud.

Es por la razón antedicha que en la presente clasificación se da la opción de tomar en cuenta la exposición de la pendiente, la cual puede caracterizar al Sitio cuando juega un rol preponderante en la determinación de las comunidades, en particular de la vegetal.

- **Viento**

Según la topografía y condiciones del clima local, la exposición al viento puede ser determinante del desarrollo de la vegetación, Braun Blanquet (1950) expresaba que 10 kilómetros por hora de velocidad media del viento, era el umbral que explicaba la presencia o ausencia de bosques en ecosistemas de montaña, y si bien aún no ha sido estudiado, existe la sospecha (Panario, 1994a, 1994b) de que la vegetación arbórea nativa en Uruguay, al menos en la zona costera Sur y Sur-Este del Uruguay, estaría parcialmente condicionada por el reparo de los vientos fuertes y frecuentes del cuadrante Sur-Oeste y el spray salino asociado a la cercanía del mar.

- **Concentración de nutrientes**

Las especies vegetales se adaptan a una cierta concentración de nutrientes, y no a una cantidad de nutrientes. En efecto, puede tener una misma cantidad de nutrientes por unidad de volumen un suelo arenoso que uno pedregoso con matriz arcillosa, pero sin embargo, las especies exigentes en nutrientes, poblarán el segundo y no el primero. En general, el concepto de disponibilidad de nutrientes para las plantas, se encuentra en la literatura de la Ciencia del Suelo bajo el nombre de *fertilidad*.

Existen variados signos que determinan la fertilidad del suelo, o bien pueden inferirse a partir de otras propiedades del mismo. Así, la fertilidad puede ser expresada como la suma de bases intercambiables o inferidas a partir de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), medida que expresa la fertilidad potencial. Ello se debe a que un suelo con alta capacidad de intercambio, pero relativamente desaturado, puede entre varias opciones incrementar su fertilidad mediante cambios de manejos del mismo o por adición de nutrientes.

Para cuantificar la fertilidad del suelo desde un punto de vista ecológico, debe tenerse en cuenta además el nivel de fósforo y de nitrógeno disponibles, elementos ambos determinantes de la productividad primaria de un Sitio. El nitrógeno que es muy dinámico en el suelo, tiende a un determinado equilibrio con el carbono que es propio para cada suelo y se estima por la relación C/N (carbono/nitrógeno), la cual da más información que otras variables.

La Dirección de Suelos del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca del Uruguay, desarrolló una tabla de uso interno, para estimar la aptitud de los suelos para el crecimiento de las plantas en relación a sus propiedades químicas, que combina elementos de fertilidad con otras limitantes químicas, tal como la salinidad (**Tabla 3.1**).

Como se dijo precedentemente, existen estimadores directos de la fertilidad como puede serlo la suma de bases, o indirectos como la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y el porcentaje de saturación, así como otros estimadores con menor correlación igualmente útiles, como la textura y el porcentaje de materia orgánica.

En la presente propuesta se estima como más conveniente utilizar la CIC por el carácter más permanente y menos dependiente del manejo del suelo, aunque en general dada su estrecha relación con la acidez puede resultar innecesaria para caracterizar sitios.

- **Pedregosidad**

Se entiende por pedregosidad la presencia en el suelo de clastos mayores a 1cm y menores de 10cm, la misma puede considerarse diagnóstica a partir de un porcentaje tal que disminuya significativamente el volumen del suelo apto para el desarrollo radicular. Casos especiales pueden considerarse bajo la denominación de líneas de

piedras (*stone lines*). Estas líneas de piedras pueden aparecer tanto concentradas entre horizontes del suelo o sobre su superficie. Aparecen entre horizontes, indicando decapitación del horizonte superficial por erosión diferencial y nueva deposición de horizonte A, o también descenso de la pedregosidad por actividad biológica, hasta el límite de acción de la macrofauna del suelo responsable de estos procesos, como ya fuera observado por Darwin (1901). Cuando aparecen en superficie indican erosión diferencial o ascenso por arcillas expansivas.

- **Presencia de carbonato de calcio**

Las antiguas clasificaciones de suelos, en los niveles jerárquicos superiores diferenciaban los suelos en pedocales y pedalfers, si bien esta distinción en las clasificaciones modernas fue abandonada, algunos tipos de vegetación son particularmente sensibles a la presencia de calcio en el suelo (especies calcófilas), por tanto se decidió incorporar esta variable. La misma es pertinente cuando los suelos presentan reacción notoria y audible a la dosificación de ácidos, con o sin presencia de concreciones de carbonato de calcio.

Tabla 3.1. Aptitud de los suelos para el crecimiento de las plantas, según sus propiedades químicas (Dirección de Suelos, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca del Uruguay - Tabla de uso interno).

| Capacidad de Intercambio Catiónico (me/100g) | Porcentaje de saturación en bases (%) | Al | Na | Materia orgánica (%) | Clase |
|--|---------------------------------------|-----|-----|----------------------|---------------------|
| - | - | sin | con | - | Alcalino-sódico |
| <20 | <60 | con | sin | <2 | Extremadamente baja |
| <10 | - | sin | sin | - | Muy baja |
| <10 | con | - | - | >2 | |
| 10 a 20 | - | sin | sin | >1 | Baja |
| 10 a 20 | >60 (>35*) | sin | sin | >2 | Media |
| 20 a 30 | >60 (35*) | sin | sin | >3 | Alta |
| >30 | >60 | sin | sin | >4 | Muy alta |

* pH= 8.2

3.2. DISTRITO, VARIABLES DERIVADAS DE LOS PROCESOS DE MORFOGÉNESIS

La proliferación de clasificaciones de aceptación restringida es el resultado de la no existencia en geomorfología de un paradigma universalmente aceptado, y el intento de esta disciplina, al igual que otras de las denominadas ciencias de la tierra, de resolver con fines prácticos y genéticos a un tiempo, una taxonomía corológica con capacidad resolutoria a distintas escalas espacio-temporales. Así a los efectos de una clasificación utilitaria, el clima debe ser utilizado a los niveles jerárquicos superiores y por tanto, a escalas operativas a nivel de región o subregión; mientras la geofoma debe ser analizada a la escala de las vertientes y los valles.

Murphy (1967 y 1968) propone una clasificación de tres categorías donde utiliza criterios geológicos, geomorfológicos y morfoclimáticos; pero en su segunda categoría -aunque sin establecer límites cuantitativos- introduce términos como depresiones, planos, colinas, cerros y montañas. Una adecuada caracterización de estos términos a partir de la geomorfología y la geología, a través de eventuales subdivisiones utilizando pendientes, como lo proponen Miller y Summerson (1960) y Dalrymple *et al.* (1968), resultó ser un camino conducente a una clasificación que reuniera las características deseables antes mencionadas.

3.2.1. ANÁLISIS DE RANGOS DE PENDIENTE, GEOFORMAS Y PROCESOS ASOCIADOS A ELLAS

En el caso de la presente clasificación, se decidió explorar como criterio de clasificación la **pendiente**, siendo que a ella se asocian procesos geomorfológicos característicos en casi cualquier ambiente morfoclimático. Por otra parte, como las pendientes suelen estar asociadas a paisajes característicos que tienen una adecuada expresión a la escala de trabajo, a cada categoría de pendiente se la puede adjetivar con el nombre vulgar de la geofoma, caracterizada por presentar con la mayor frecuencia cada uno de los rangos de pendiente establecidos. Este procedimiento tiene la ventaja adicional de ser fácilmente aplicable, aun cuando no se cuente con un mapa de elevación de terreno o instrumentos de medición adecuados.

Se discriminan cinco unidades básicas de pendientes: depresional, plano, ondulado, serrano y montano, las cuales pueden discriminarse, a partir de establecer subdivisiones cuando sea requerido (**Tabla 3.2**).

La elección de los límites tiende a tener en cuenta los procesos que se vinculan a una energía potencial dada, que es función de la pendiente.

Tabla 3.2. Unidades de distrito y procesos geomorfológicos asociados.

| Unidad | Subunidad | Formas del relieve |
|-----------|-----------------------|--|
| Montano | Escarpado | <i>Free face</i> (cara libre) con pendientes $\geq 100\%$ |
| | Montano | Montañas o escarpas con pendientes entre $\geq 66\%$ a $< 100\%$ |
| Serrano | Serrano | Cerros con pendientes entre $\geq 34\%$ a $< 66\%$ |
| Ondulado | Ondulado fuerte | Colinas con pendientes entre $\geq 18\%$ a $< 34\%$ |
| | Ondulado suave | Colinas con pendientes entre $\geq 10\%$ a $< 18\%$ |
| Plano | Plano ondulado fuerte | Lomadas con pendientes entre $\geq 6\%$ a $< 10\%$ |
| | Plano ondulado suave | Lomadas suaves con pendientes entre $\geq 2\%$ a $< 6\%$ |
| | Plano inclinado | Planicies inclinadas con pendientes entre $\geq 0,2\%$ a $< 2\%$ |
| | Plano | Planicies con pendientes entre $\geq 0,01\%$ a $< 0,2\%$ |
| Depresión | Depresión | Depresiones cerradas o abiertas, generalmente cubiertas de agua al menos parte del año con pendientes $< 0,01\%$ |

3.2.2. DISTRITO DEPRESIONAL

Según el Diccionario Geológico Geomorfológico (Teixeira, 1980), depresión es un área de relieve situada por debajo del nivel del mar o por debajo de regiones próximas.

- **Caracterización**

La definición utilizada en la Clasificación de Paisajes, es restringida a aquellas depresiones que cumpliendo con las características de la definición antes citada, presentan pendientes inferiores a 0,01%. Con este límite se separan en general, las planicies aluviales de los ríos lóticos, y lótico-lénticos de los sistemas lénticos.

En tal sentido, serán consideradas depresiones ciertas terrazas aluviales actuales, lagos y lagunas o formas cóncavas o planos derivados de su colmatación, islas aluviales de cursos inferiores especialmente deltas, vegas, el conjunto de planicies de cualquier tipo, de anegamiento permanente o estacional, parte inferior de grandes conos de deyección y parte inferior de bajadas (**Figura 3.1**).

Las depresiones son típicamente zonas de acumulación de sedimentos; si existe humedad suficiente, o sea condiciones de reducción la mayor parte del año, las

acumulaciones suelen ser de materia orgánica más o menos descompuesta (según las condiciones climáticas) y partículas biosilíceas (fitolitos y diatomeas), con aportes de sedimentos de diferente granulometría según la competencia de los cursos fluviales que los aportan, pero predominando los sedimentos finos -mayoritariamente limo y arcilla-; en condiciones de aridez o semiáridas, predominan los sedimentos clásticos, si se exceptúan algunas depresiones kársticas, donde los materiales son conducidos hacia ríos subterráneos.

Si se forma un espejo de agua, la presencia o abundancia de sedimentos de uno u otro tipo, dependerá de numerosos factores tales como el estado trófico, la concentración de sales, el balance hídrico, el tamaño del *fetch* en dirección a vientos fuertes, la profundidad del agua que permita o no el enraizamiento de la vegetación acuática, etc.

A su vez y fundamentalmente en regiones templadas de latitud media, el ritmo de la sedimentación y tipo de sedimentos ha variado acompañando los cambios climáticos del Cuaternario, en particular los acaecidos durante el Holoceno y más modernamente el cambio de uso del suelo, como se ve en la **Figura 3.2**, donde puede observarse un aumento exponencial de la tasa de sedimentación, que pasa de décimas de milímetro por año, a más de 2 mm a partir de la introducción de la ganadería en Uruguay (del Puerto *et al.*, 2013).

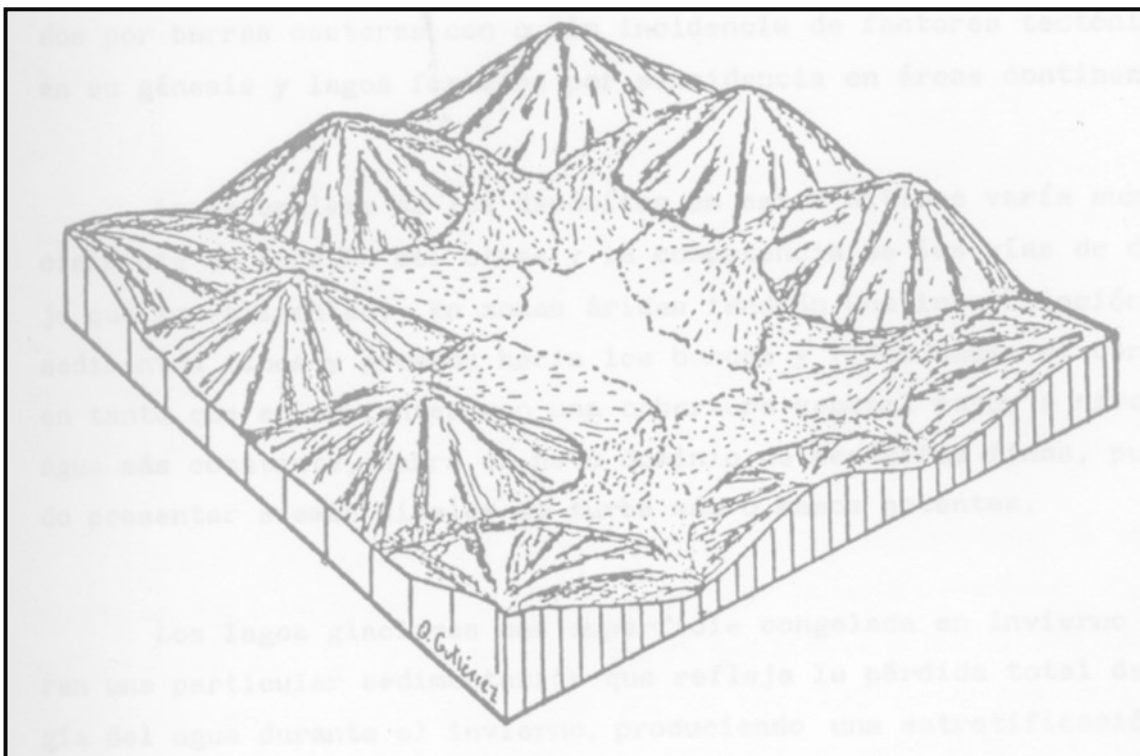


Figura 3.1. Representación gráfica de distrito depresional en cuenca endorreica.

- **Tipologías depresionales**

- En terrazas fluviales

Las vías de drenaje al aproximarse al nivel de base suelen perder pendiente y con ello capacidad de transporte de materiales. La deposición que se produce genera terrazas amplias deprimidas entre las laderas adedañas o entre una terraza más antigua y el albardón o dique, generalmente formado por limos o arenas de desborde. La depresión así generada funciona como cubeta de decantación de las aguas de crecientes que superan el dique o albardón aluvial.

A su vez, cambios en el recorrido del curso por abandono de un cauce, generan lagunas marginales “*oxbow lakes*” con depósitos grano decrecientes, que culminan en arcillas o turberas.

La naturaleza de los depósitos en estos últimos, varía sustancialmente en función del clima y la competencia de las vías de drenaje que los alimentan. En zonas áridas tendrán una intercalación de sedimentos finos y gruesos hacia los bordes, y finos hacia el centro, en tanto que en ambientes con una cobertura vegetal mayor y nivel de agua más constante, habrá un neto dominio de depósitos finos, pudiendo presentar además niveles de turba más o menos potentes.

Los lagos glaciares con superficie congelada en invierno generan una particular sedimentación que refleja la pérdida total de energía del agua durante el invierno, produciendo una estratificación continua de sedimentos de diferentes granulometrías (barbes).

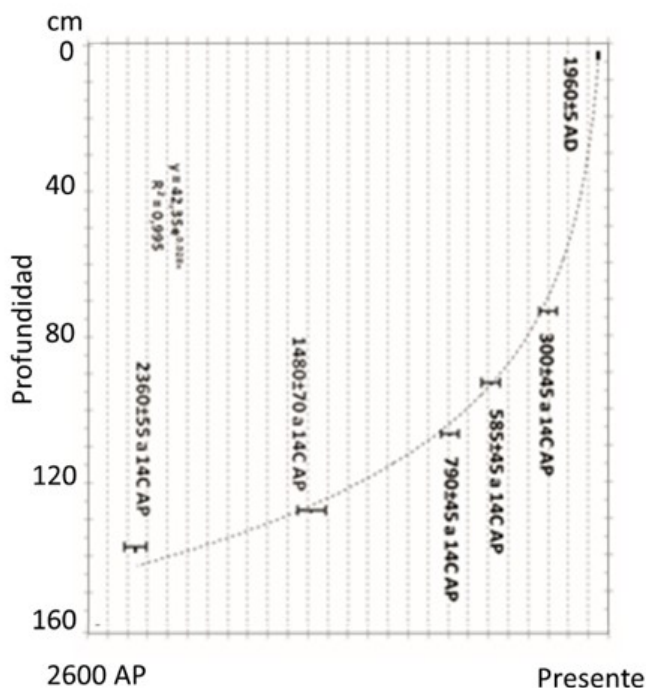


Figura 3.2. La gráfica muestra las tasas de sedimentación del fondo de la Laguna de Peña, que se origina por el cierre de su cuenca por dunas transgresivas hace 2.400 años, nótese el ritmo creciente de sedimentación a partir de los últimos años, vinculado a los cambios climáticos del Holoceno, y más recientemente incrementado, por el cambio de uso del suelo, desde la introducción de la ganadería (del Puerto *et al.*, 2013).

➤ En islas fluviales

Al igual que las terrazas fluviales precipitadas, las islas fluviales consolidadas adquieren un albardón de desborde y una cubeta central. Tal situación es característica de los ambientes deltaicos.

➤ Vinculados a conos de deyección y bajadas

Con frecuencia los conos de deyección y las bajadas que convergen hacia una depresión cerrada van perdiendo pendiente, depositando los materiales más finos y generando aureolas salinas. En tal sentido, suelen no diferenciarse de las depresiones lacunares colmatadas, frecuentemente por estos mismos materiales aportados desde conos de deyección y *glacis*.

➤ En zonas de hundimiento tectónico (graben)

Particularmente en las márgenes continentales pasivas (margen este del continente americano) se generan zonas de hundimiento tectónico a partir del Cretáceo, alguna de las cuales han mantenido su actividad hasta el Plioceno o aún el Holoceno, generando depresiones costeras que han estado ocupadas por el mar hasta períodos tan recientes como el estadio isotópico 5e (125 Ka) y/o la última transgresión (6.000 Bp); su regresión posterior generó en el cono sur americano una serie de lagunas costeras y humedales asociados.

3.2.3. DISTRITO PLANO

Los límites de este distrito se encuentran entre pendientes iguales o mayores a 0,01% a menores a 10%. A este rango de pendiente se asocian los procesos de erosión hídrica de las laderas y la deposición de los sedimentos erosionados, generando formas características del relieve como el pedimento, cuya posterior disección por las vías del drenaje origina la mayoría de los relieves ondulados suaves.

Cuando el sistema de formas suaves de Distrito Plano se conecta con un relieve mayor, el límite superior de esta categoría mantendrá su denominación hasta un quiebre de pendiente o hasta que la pendiente alcance un valor del orden de 10%. Las dunas arenosas pertenecen a este distrito con independencia de la pendiente que generan, dado que las mismas, aunque presentan pendientes muy variables, su comportamiento es a grandes rasgos similar, y una vez fijadas por vegetación se convierten en terrenos ondulados.

Según *The Encyclopedia of Geomorphology* (Fairbridge, 1968), el término Plano tiene dos significados en Geomorfología:

Plano en sentido estricto, es un área con escasas diferencias altimétricas y uniforme desde el punto de vista geomorfológico, como los planos de inundación, de erosión, etc.

Plano se lo utiliza en sentido de campos llanos, bajos o plataformas, siendo en ese sentido un término opuesto a tierras altas.

El Diccionario Geológico Geomorfológico atribuye a Leuzinger (1948 citado en Teixeira, 1980) la propuesta de utilizar el término para superficies poco accidentadas, aproximadamente planas y horizontales.

El Distrito Plano se subdivide en relación a su energía potencial medida por la pendiente en cinco a saber:

- Plano, igual o mayor a 0,01% a menor de 0,2%.
- Plano inclinado, igual o mayor a 0,2% a menor de 2%.
- Plano ondulado suave, igual o mayor a 2% a menor de 6%.
- Plano ondulado fuerte, igual o mayor a 6% a menor de 10%.

El primero de los subdistritos incluye la mayoría de las planicies aluviales y sus terrazas, en tanto que los restantes implican una disección progresivamente más intensa de ésta o de viejas superficies de aplanamiento (pedimentos, bajadas y playas, etc.). Una excepción a esta nomenclatura son los pedimentos previamente mencionados que forman una curva continua asimilable a una logarítmica de base menor a la unidad (Leopold *et al.*, 1964), cuya pendiente varía entre valores menores de 10%, límite superior del distrito y e iguales o menores de 0,01%, límite inferior del distrito.

Este distrito está compuesto por una gran diversidad de formas de origen mayoritariamente aluvial, ocasionalmente eólico y excepcionalmente de erosión (pedimentos o bajadas) con o sin disección posterior (**Figura 3.3**).

Su nombre deriva del hecho de tener un origen común en un plano inclinado. En la presente propuesta, incluye situaciones tales como altiplanicies, reversos de cuevas, sistemas de lomadas (paisajes suavemente ondulados), terrazas aluviales de sistemas lóticos, albardones, campos de dunas con independencia de la pendiente por ellas generadas, campos de montículos arcillosos (*gilgai*), etc.

- **Tipologías Planas**

- Planos de erosión-acumulación

Los planos aluviales actuales y subactuales, pero vinculados a vías de drenaje aún operantes, se caracterizan por presentar un sistema de terrazas, frecuentemente escalonadas, las que manifiestan en su granulometría la competencia del agua que las

deposító. Estas terrazas, cuando se encuentran dentro del denominado lecho mayor del río tales como, lechos de crecientes irregulares que -en ríos en equilibrio- no ocurren todos los años, suelen presentar acumulaciones de sedimentos vinculados a la dinámica actual del río.

En el contacto entre la terraza y el lecho menor suele formarse un albardón cuya altura y granulometría dependen del caudal y competencia del río. En vías de drenaje de planicie, los albardones son de amplio radio de cobertura, extensos de poca altura y compuestos por partículas finas, en tanto en cursos de pendiente fuerte, la curvatura del mismo suele ser más pronunciada y estar compuesta por materiales más gruesos siendo de mayor altura. El lecho menor suele presentar depósitos gruesos cuya dinámica limita el desarrollo de la vegetación.

Por encima del lecho menor y generalmente asociadas a un cambio litológico, hacia materiales menos coherentes que suelen vincularse al comienzo del curso medio, suelen expresarse en primera instancia planicies de inundación y luego terrazas fluviales, ambas geformas del mismo origen; lechos fluviales abandonados que se diferencian por la frecuencia o incluso ausencia de inundaciones principalmente en la terrazas más altas.

La granulometría de estos depósitos (cuando no son terrazas de abrasión) representa la competencia del río en el momento que las depositó, sin embargo su parte superior

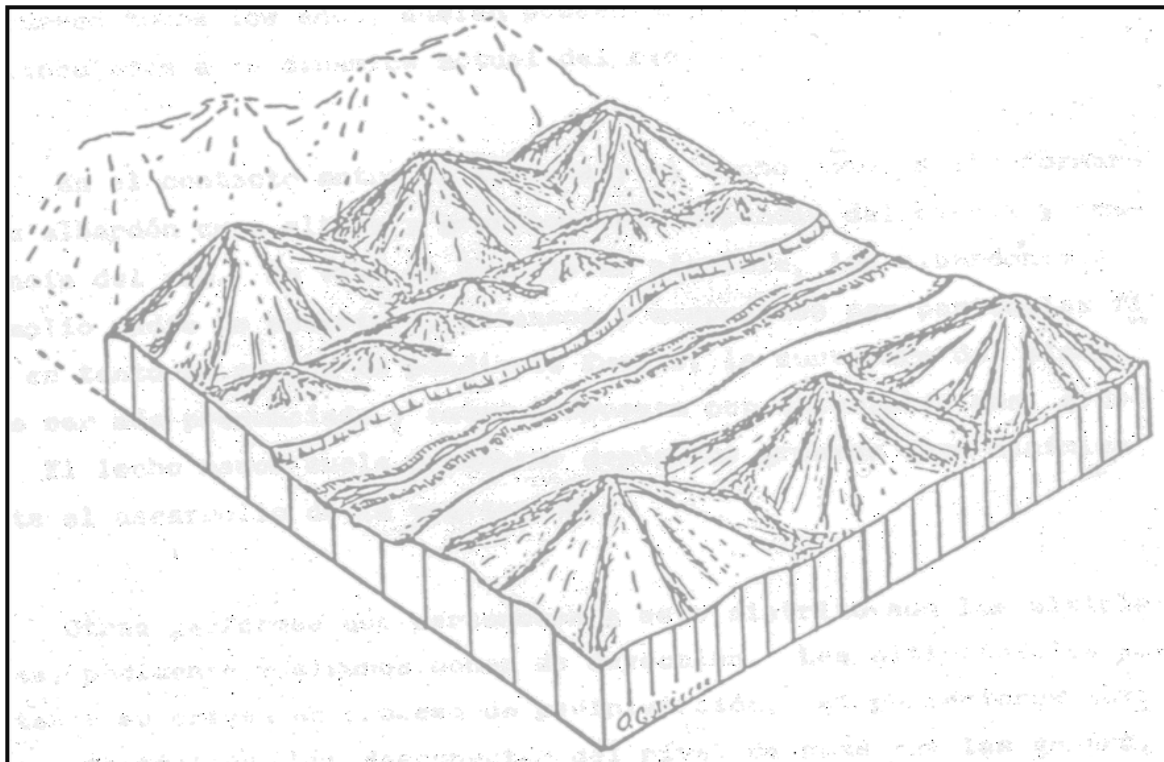


Figura 3.3. Representación gráfica de Distrito plano de terrazas y ondulaciones.

suele estar conformada por sedimentos finos fruto de las etapas en que funcionaron como planicie de inundación.

En algunos casos la ruptura de los albardones o diques laterales esparce sedimentos más gruesos sobre la planicie de inundación, generando condiciones ecológicas diferentes que se manifiestan por parches de vegetación con diferente exigencia en materia de drenaje, como la mayoría de las especies leñosas.

Otras geoformas que pertenecen a este distrito son las altiplanicies, pedimentos, glaciares y algunos conos de deyección. Las altiplanicies suelen tener su origen en procesos de pediplanación. Si posteriores movimientos tectónicos las desconectan del nivel de base que las generó, pueden sufrir procesos de disección que normalmente generan formas onduladas. Su preservación suele vincularse a climas áridos o a la presencia de estructuras resistentes horizontales o subhorizontales, suelen presentar recubrimiento de materiales mal clasificados, cuando se vinculan a la zona de deposición del pedimento (bajada y playa).

En general, los procesos de erosión y acumulación que se producen en los pedimentos o bajadas son del tipo aluvial, por pequeños canalículos de funcionamiento intermitente o inundaciones en manto (Tricart y Cailleux, 1965).

Los conos de deyección aluvial son característicos de la parte externa de cuencas intermontanas, presentando características deposicionales similares a las bajadas y playas, pero con mayor pendiente en su cabecera. Los conos de derrubios de amplitud reducida, producidos en laderas de cerros y montañas, no pertenecen a este distrito por presentar pendientes superiores a los límites establecidos y granulometrías correlacionables a movimientos colectivos o acciones de gravedad.

Como se dijo precedentemente, por tectónica, eustatismo, cambios de nivel de base, o modificación del sistema morfoclimático, los pedimentos y bajadas pueden sufrir procesos de redisección por la vía de drenaje; dando origen a paisajes ondulados en los cuales son comunes los procesos de reptación lenta del suelo o regolito, así como procesos de erosión de laderas, los cuales pueden generar los cuatro tipos de formas de relieve de Troeh (1965, ver **Figura 2.5**) a escasas distancias, pero con características diferenciales tanto en su estabilidad como en la economía del agua, generando comunidades claramente diferenciables aún en ecosistemas semiáridos. En el caso de Uruguay, las formas cóncavas frecuentes en paisajes ondulados, están ocupadas por gramíneas de alto porte (pajonales) y ocasionalmente por especies uliginosas.

➤ Planos estructurales

Por planos estructurales se define a aquellas zonas planas debidas a deposiciones horizontales, tales como coladas de lavas, depósitos de cenizas volcánicas, plataformas marinas expuestas, etc. Las formas resultantes de la redisección de estos paisajes dependen de la coherencia de los materiales que la forman, del potencial

morfogenético de la región y de las características de los climas a que han sido sometidos. Es por ello que las características que presentan no necesariamente se correlacionan a su origen genético.

3.2.4. DISTRITO ONDULADO

Los límites de este distrito se encuentran entre pendientes iguales o mayores a 10% a menores de 34%. Estas pendientes suelen asociarse a relieves del tipo colinas o a la base de relieves mayores.

Las pendientes que caracterizan a este distrito son asociables a lo que en lenguaje común se denominan colinas o sierras. El Diccionario Geológico Geomorfológico (Teixeira, 1980) define a las colinas como pequeñas elevaciones de terrenos con declives suaves y altura inferior a 50m. El mismo autor agrega que, en general, son formas de erosión. A los efectos del sistema de clasificación la altura resulta irrelevante y en las sierras uruguayas puede alcanzar los 500m.

Las pendientes de este distrito se asocian a depósitos producidos por procesos coluviales y a la parte superior de conos de deyección, ambos provenientes de relieves más energéticos, como cerros y montañas. Estas pendientes son también características de algunas morrenas especialmente terminales y formas de disección de superficies elevadas por procesos tectónicos, pero que no han alcanzado altura como para ser cubiertos por nieves permanentes.

La mayor estabilidad de estas pendientes permite un recubrimiento relativamente espeso sobre el cual se desarrollan suelos moderadamente profundos e incluso profundos, en climas templados o más húmedos. Los procesos de modelado característicos en estas unidades son la erosión en canalículos, o laminar en clima semiárido, los procesos de reptación en climas semiáridos hasta húmedos y los deslizamientos en clima húmedo.

A excepción de los relieves de control estructural vinculados a capas duras horizontales o subhorizontales, que dan por resultado un dominio de formas cóncavas, la forma del relieve predominante en colinas es la convexa dispersadora de aguas (**Figura 3.4**).

Este distrito junto con el montano y serrano (de cerros), por presentar una dominancia de suelos autógenos, puede presentar una gran diversidad de unidades elementales o paisaje en mosaico *sensu* González Bernáldez. Esta diversidad es proporcional a la diversidad de materiales geológicos de la unidad morfo-geo-estructural en cuestión, más la variabilidad que depende de la exposición de la vertiente, factor cuya importancia crece con la energía de la pendiente y con la latitud.

Se han establecido dos categorías dentro de este distrito: ondulado suave y ondulado fuerte, con pendientes iguales o mayores a 10% hasta menores de 18%, e iguales o mayores a 18% hasta menores de 34%, respectivamente.

El subdistrito Ondulado Suave se asocia mayoritariamente a colinas formadas por el entalle de superficies de aplanamiento cenozoicas, así como formas coluviales de pie de relieve mayores, exceptuando ocasionalmente piedemontes de depósitos de gravedad que suelen tener pendientes de reposo más elevadas.

El subdistrito Ondulado Fuerte corresponde a materiales sedimentarios coherentes o con estratos coherentes horizontales o subhorizontales, tal como las colinas formadas sobre rocas intrusivas y extrusivas coherentes o rocas sedimentarias fuertemente consolidadas por procesos de diagénesis. Se presentan vinculadas a procesos de orogénesis antiguos o que no han alcanzado la altura de las nieves permanentes o semi permanentes que suelen producir pendientes más fuertes.

Con esta energía de pendiente los suelos son superficiales y son frecuentes los afloramientos rocosos.

3.2.5. DISTRITO SERRANO

Los límites de este Distrito se establecen entre pendientes iguales o mayores a 34% a menores de 66%. Estas pendientes se asocian mayoritariamente a relieves mayores, comúnmente de cerros.

Son formas generalmente autónomas, aunque forman parte de este distrito, laderas bajas de montañas e incluso acumulación de gravedad tipo *piedemonte* (conos de derrubios) de materiales muy gruesos en ambiente nival. Los afloramientos rocosos son más comunes que en los distritos antes mencionados, siendo común la existencia de áreas importantes de roca desnuda.

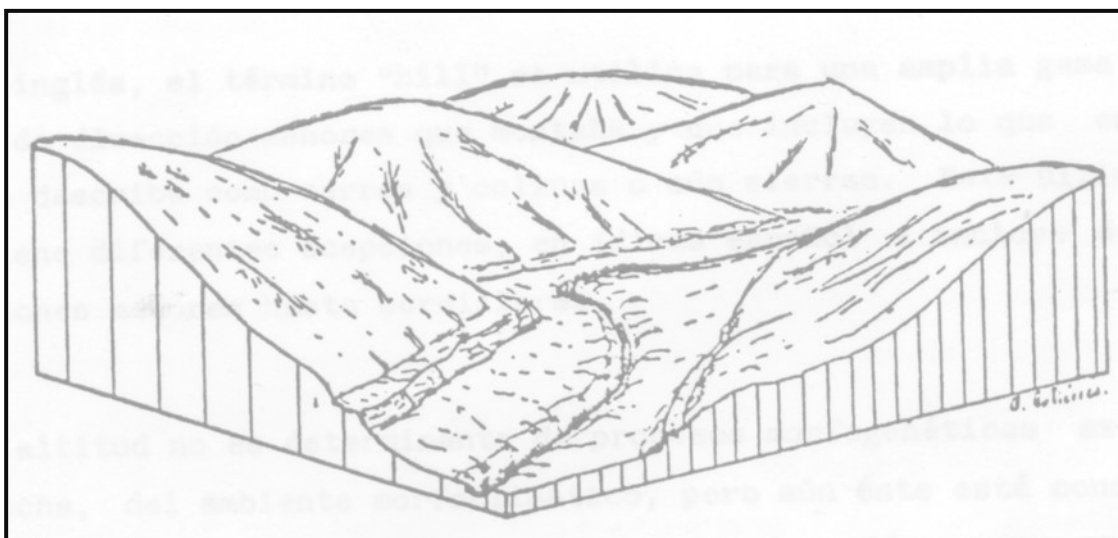


Figura 3.4. Representación gráfica de Distrito Ondulado, paisaje autónomo de colinas y planos.

Una definición precisa de cerro es más difícil de obtener que de montaña. El Diccionario Geológico Geomorfológico (Teixeira, 1980) limita su definición a “monte poco elevado cuya altura, supuestamente relativa, es de 100 a 200 metros”. Luego define monte como gran elevación del terreno de cualquier origen y agrega que el término se utiliza para denominar elevaciones aisladas.

En inglés, el término “*hill*” se utiliza para una amplia gama de formas de disección menores que montaña y que incluyen lo que en español se describe como cerros, colinas y sierras. Este último vocablo tiene diferentes acepciones, en idioma español, e incluye desde elevaciones menores hasta cordilleras.

La altitud no es determinante de procesos morfogenéticos a excepción hecha, del ambiente morfoclimático nival, pero aún en éste, está condicionado por la latitud. En latitudes altas una elevación no muy pronunciada puede presentar procesos morfogenéticos característicos de montañas como los denominados Picos del Paine, en tanto, en latitudes bajas, elevaciones importantes pueden no estar sometidas a condiciones climáticas extremas. En cuanto al origen genético de estas elevaciones es en todos los casos asimilable al de montañas, que se define en el distrito correspondiente.

El Distrito Serrano se caracteriza por presentar un dominio de pendientes del tipo de dispersador de aguas (convexo) y pendientes rectilíneas de transporte (**Figura 3.5**).

Las pendientes permiten la retención de un manto de regolito relativamente más profundo y continuo que en el Distrito Montano y ocasionales formas de acumulación como piedemontes con derrubios muy gruesos.

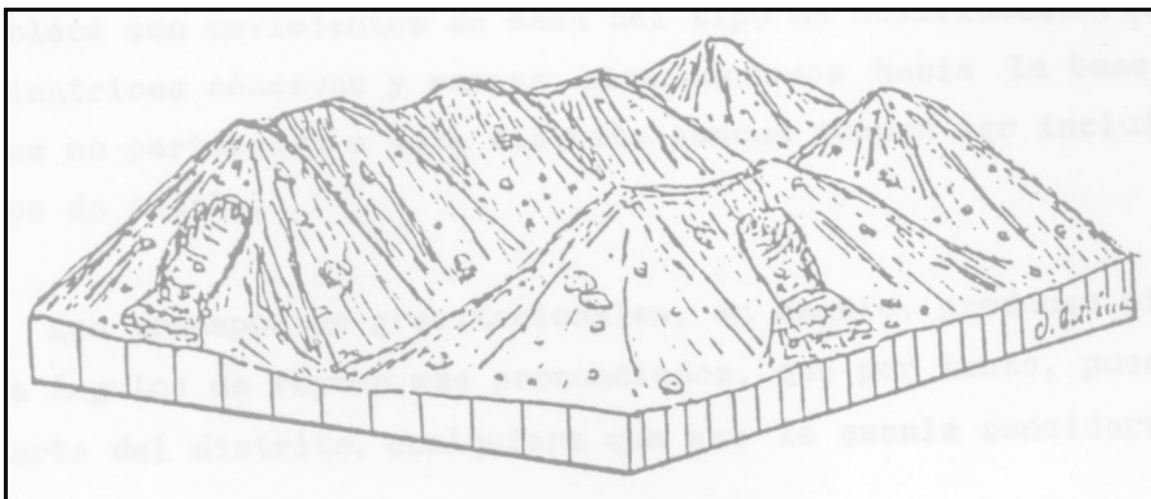


Figura 3.5. Representación gráfica de Distrito Serrano, paisaje autónomo de cerros.

Si bien estas pendientes permiten transporte gravitacional activo, la existencia de un regolito que puede incluir abundante material fino, favorece la instalación de vegetación y consecuentemente los procesos de pedogénesis asociados con la alteración del sustrato rocoso subyacente cuando el medio lo permite. En general, el proceso de intemperización es del tipo químico; exceptuando climas áridos en cuyo caso la cobertura detrítica de material fino es muy poco importante, dominando la erosión sobre el intemperismo y la pedogénesis es casi nula.

El proceso más importante que genera el regolito y luego condicionan su evolución, es el transporte gravitacional, fundamentalmente la reptación. Cuando el regolito ha alcanzado cierto espesor que permite la instalación de vegetación, el balance pedogénesis-alteración versus ablación, determina que el espesor del suelo, presente una débil tendencia a hacerse más profundo hacia la base del cerro.

Cuando las características climáticas o el uso desplazan el equilibrio hacia la erosión, sólo el material más grueso queda como remanente en las vertientes, en tanto, cuando el equilibrio se desplaza hacia la profundización del perfil de alteración, el equilibrio se restablece con movimientos de masa del tipo de soliflucción, que generan cicatrices cóncavas y rampas plano-cóncavas hacia la base del cerro, que no pertenecen a este distrito aunque puedan ser incluidos en la cartografía por razones de escala.

Los transportes gravitacionales, en cambio, pueden producir piedemontes de ángulos de reposo más pronunciados, que por tanto pueden formar parte del distrito, cualquiera que sea la escala considerada.

Al igual que la montaña, el cerro es un relieve mayoritariamente autónomo. Serán considerados dentro del Distrito Serrano, sin embargo, aquellas laderas de baja montaña cuyo relieve satisfaga los requerimientos de pendiente del cerro. Es por esta razón que el distrito admite relieves subordinados tales como laderas y los piedemontes antes descritos.

Las serranías generan, pendiente abajo, rampas de soliflucción, conos de deyección, coladas de barro y aureolas geoquímicas. Ejercen una influencia fundamental en la pedogénesis de los relieves subordinados. A ellos aportan, al igual que las montañas; detritos, sales, iones, especialmente cationes y otros minerales en solución, los cuales juegan un papel preponderante en la formación de filosilicatos secundarios.

Los ángulos de las pendientes del distrito permiten que se estacionen sobre ellos rocas de gran tamaño como *corestones* (traducible como “núcleo” o “corazón” de roca) y *tors* (traducible como “bloques torre”), que serían transportadas en su mayoría hasta la base en el distrito montaña, por lo que su presencia es característica de este distrito.

Distritos de mayor pendiente, si bien existen a nivel de escarpas por su poca representación espacial no suelen ser cartografiados dado se trata de escarpas de poca altura y mínima expresión cartográfica.

3.2.6. DISTRITO MONTANO

Este distrito se caracteriza por presentar pendientes mayores o iguales a 66,5%. Está compuesto siempre por relieves autónomos, aunque al igual que con los demás distritos a escala de campo puede ser una parte de un relieve menor, tal como una escarpa, barranca o acantilado. Como unidad cartográfica de asociación de sitios se asocia siempre a los relieves mayores vinculados a tectónica de placas.

Con frecuencia es más común encontrar en geomorfología, nombres extraídos del lenguaje vulgar al referirse a formas conspicuas del relieve, que una definición precisa de dicho nombre. El Diccionario Geológico Geomorfológico (Teixeira, 1980) define montaña como una gran elevación del terreno con altura superior a 300m y constituida por un agrupamiento de cerros. Luego agrega que la orogénesis es la rama de la geología que estudia el origen y la formación de las montañas.

Según su edad, el paradigma Davisiano parte del supuesto que las más desgastadas y bajas son las más antiguas. En cuanto a la altitud relativa, las clasifica en montañas bajas, 300m a 900m en un área de 100 km², y montañas altas, con más de 900m en la misma superficie.

En *The Encyclopedia of Geomorphology* (Fairbridge, 1968), constan las definiciones de diversos autores. Una de ellas es la de James Geikie (1898) quien clasificaba a las montañas en:

- de acumulación (volcanes, dunas, morrenas),
- montañas de elevación (tectónicas), y
- montañas de circunerosión (*horst* de posición)

En relación a los efectos del relieve sobre el sistema geomorfológico, el mismo autor considera que en las montañas el proceso de pérdida de materiales es más intenso y el sistema morfoclimático más energético que en las topografías colindantes (Strahler, 1946).

Fairbridge (1968) clasifica las montañas en a) formas estructurales o construccionales y b) formas denudacionales, subsecuentes, degradacionales o secuenciales (**Tabla 3.3**):

El mismo autor estipula una altura relativa del orden de los 700m como límite entre cerros (*hill*) y montañas.

Si bien la altura está relacionada con sistemas morfoclimáticos más energéticos por la amplitud térmica y la presencia de nieve e hielo, éstos también se relacionan con la

Tabla 3.3. Clasificación de montañas según Fairbridge (1968).

| | |
|--|---|
| Formas estructurales o construccionales | Volcánicas |
| | Fallas |
| | Bloques (block mountain) |
| | Erosionales |
| | Salientes estructurales |
| | Tectónica policíclica |
| | Epigénesis |
| Formas denudacionales, subsecuentes, degradacionales o secuenciales | Relictos de erosión diferencial |
| | Exhumadas |
| | Complejos ígneos plutónicos y metamórficos, formas policíclicas denudacionales |

latitud; en cambio, el potencial morfogenético de éste como cualquier relieve será función de la pendiente (largo y ángulo) así como de las características de los relieves asociados pendiente abajo.

Las laderas predominantes son rectilíneas, con abundantes afloramientos y regueros de piedra, así como otras formas de transporte nival y glacial. Son comunes las laderas desnudas con vegetación rala o ausente, sobre todo en condiciones de clima templado seco y semiárido o árido.

En climas húmedos aún templados y sobre rocas de fácil alteración como basaltos o areniscas, una densa cobertura vegetal puede estabilizar las pendientes menores de este distrito y generar comunidades arbóreas de árboles de poca talla o vegetación herbácea densa que medran en las fisuras abundantes y edafizadas de las rocas subyacentes. Tal condición no está casi nunca presente con relieves de más de 100% de pendiente, lo cual corresponde a una inclinación de 45°, ángulo de pendiente que supera el coeficiente de fricción del material mineral de las vertientes y por tanto presentan la roca desnuda aun cuando vegetación rupícola pueda medrar en grietas o adherirse a la superficie de las rocas, como musgos líquenes y litófilas que se adhieren a las rocas, o como también algunas bromeliáceas y orquidáceas, entre otras.

El distrito montano se caracteriza por presentar vertientes dominantes que superan al 66,5%, de pendiente que define el distrito, así como laderas rectas en la dirección de la pendiente o cóncavas concentradoras resultado de acción glacial (circos). Los procesos morfogenéticos existentes son erosión y transporte, no existiendo procesos significativos de acumulación (**Figura 3.6**).

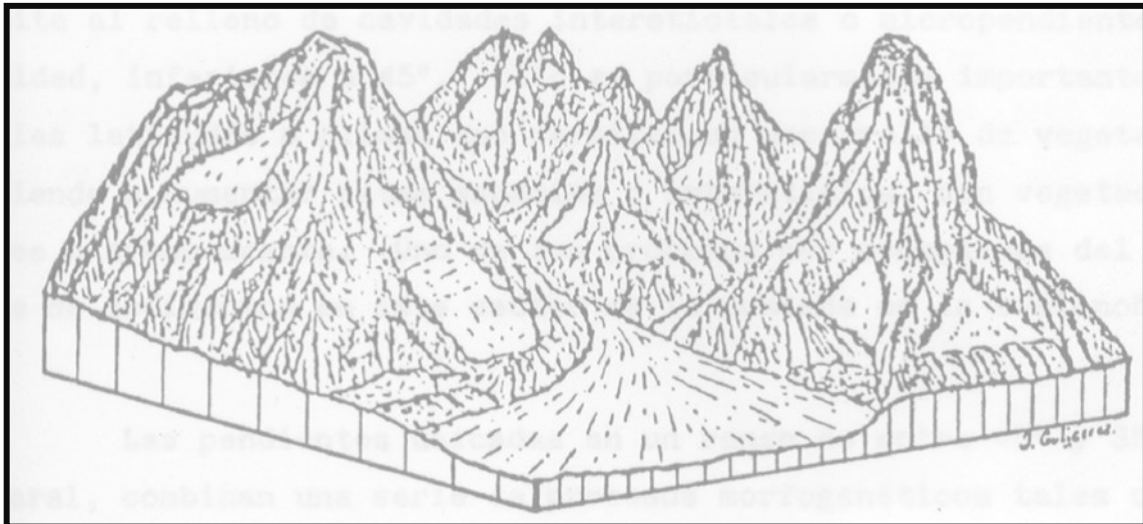


Figura 3.6. Representación gráfica de Distrito Montañó, paisaje autónomo de montañas, modelado por procesos glaciares (circos).

El proceso de intemperismo dominante en este sector de la montaña es del tipo físico (crioclastia) aunque no excluye intemperismo químico, fundamentalmente en latitudes bajas. Cuando a estos procesos de intemperismo se asocian acciones de los denominados circos glaciares, las formas resultantes son del tipo poliédrico más o menos irregulares y tetraédricas en el caso de algunas estructuras graníticas. En tanto, cuando el proceso de degradación y transporte gravitacional es lo predominante, generan formas con mayor tendencia cónica, propias de las montañas de menor altura en latitudes medias y bajas.

La característica de los paisajes o sectores montañosos con dominancia de procesos físicos de intemperismo es la denudación casi completa de las vertientes. En todos los casos las pendientes longitudinales de este sector de la montaña son rectas, coronadas por crestas más o menos agudas, aunque pueden ser coronadas por altiplanicies cuando la erosión no ha alcanzado la divisoria de aguas.

La cobertura de regolito o suelo, cuando está presente, se limita al relleno de cavidades intersticiales o micropendientes inferiores a 45°. Ello es particularmente importante en aquellas latitudes o climas que permiten un desarrollo de vegetación que tiende a aumentar estos espacios o intersticios, con vegetación arbórea o arborescente.

Uno de los procesos más conspicuos del transporte de sedimentos en este sector de la montaña es la avalancha. Las pendientes ubicadas en un rango de entre 45° y 35°, en general, combinan una serie de procesos morfogenéticos, tales como el transporte gravitacional antes mencionado, con procesos que van desde los movimientos de masa

(reptación del regolito, desprendimientos, solifluxión, coladas de barro, etc., en los cuales el agua actúa como lubricante o aumentando el peso del material), hasta la erosión (proceso en el cual el agua actúa como agente de transporte). La supremacía de uno u otro proceso depende de un delicado equilibrio entre balances erosión-acumulación-pedogénesis-alteración.

Cuando el balance se desplaza hacia la profundización del perfil de alteración, el equilibrio suele ser restablecido por alguno de los movimientos de masa antes mencionados. En general, la montaña se caracteriza por una cobertura más o menos discontinua y pedregosa o rocosa según factores tales como clima y vegetación, tipo de roca y la existencia de variaciones locales de la pendiente.

Las vías de drenaje que parten de la montaña suelen generar valles en V sumamente profundos denominados cajones, o en U característicos de procesos glaciares actuales o pertenecientes a períodos geológicos anteriores, fundamentalmente del Cuaternario.

El Distrito Montano es una forma autónoma cuya dinámica genera vertiente abajo, estructuras tales como morrenas glaciares, conos de deyección, piedemontes, etc., y procesos tales como la sedimentación y aureolas geoquímicas de gran importancia en los procesos pedogenéticos de los paisajes subordinados de la misma forma que el Distrito Serrano antes mencionado.

La presencia frecuente de nieves perpetuas hacia la cima del Distrito, en climas fríos, o cálidos cuando la altitud lo permite, influencia fundamentalmente el régimen de los ríos en este distrito y, con ello, los planos a ellos asociados.

CAPÍTULO 4.
RECONSTRUIR PARA AVANZAR.
LA HISTORIA GEOLÓGICA Y LA
EVOLUCIÓN DEL PAISAJE EN
URUGUAY



INTRODUCCIÓN

Las unidades elementales del paisaje y su posterior agrupación por energía de relieve, a los efectos de la planificación del territorio deben ser agrupadas en unidades mayores con características comunes suficientemente importantes como para albergar grupos funcionales reconocibles a la escala de estas representaciones espaciales. A esta escala de generalización, el atributo aglutinante pueden ser los materiales geológicos o el clima.

En zonas con pocas diferencias de nivel altimétrico y paisajes en mosaico *sensu* González Bernáldez, claramente son los materiales geológicos y fundamentalmente las estructuras por ellos generadas las más promisorias para establecer unidades de dimensión adecuada a la planificación socioecológica.

A esos efectos se requiere un conocimiento tan preciso como posible de la historia geológica de la región así como de los procesos tectónicos y morfoclimáticos que dieron origen a las grandes líneas estructuradoras del territorio.

Su validación puede hacerse a campo y/o modernamente por la respuesta espectral a lo largo del año de la cobertura vegetal.

La necesidad de contar con una regionalización de estas características, quedó de manifiesto por su utilización por diversos investigadores aún antes de su publicación en estimaciones de índices de vegetación normalizados para el territorio nacional (ver **6.4 “Unidades morfo-geo-estructurales - Eco-zona”**).

4.1. FUNDAMENTOS DE LA DEFINICIÓN DE ECO-ZONAS

Las distintas clasificaciones son relativamente dependientes de las características de los ecosistemas que intentan caracterizar y la información del medio físico y biótico que disponen a una escala y con una calidad adecuada.

Siguiendo los criterios de otras clasificaciones jerárquicas, como las utilizadas en la ex Unión Soviética, Australia, Canadá y más recientemente el Ecomap (1993) en USA, y en España para los Humedales de Andalucía (Consejería de Medio Ambiente, 2004), se utilizarán unidades tales como horst y graben, cuencas sedimentarias, derrames basálticos, grandes superficies de pediplanación de rocas del escudo, etc.

Las Unidades Morfo-geo-estructurales, Eco-zonas, deberán reunir la condición de no solamente estar emparentadas a nivel de unidades del rango jerárquico inferior por procesos geomorfológicos, sino además deberán cumplir con la condición de pertenecer a una única unidad territorial, como lo sugiere Bailey (2009).

Estas unidades mayores son particularmente útiles para determinar la presencia potencial de especies que exploran amplios territorios o cuya distribución se prolonga por sobre el gradiente del hábitat. Así, se adoptará una visión holística para la identificación y comprensión de unidades territoriales de diferentes escalas de agregación, que culmine en la identificación de regiones.

Si bien este trabajo es el primer intento de dividir el país en Eco-zonas, sobre la base de información cuantitativa verificable, la Carta Geomorfológica del Uruguay a escala 1:5.000.000 (publicada originalmente en Panario, 1988; y con una posterior generalización publicada en Panario y Gutiérrez, 1999), ya han sido validadas por análisis de productividad primaria (NDVI) y por la distribución de fitoasociaciones de especies de pradera (Achkar *et al.*, 2003, 2004; Anno *et al.*, 2003; Baeza, 2007; Baeza *et al.*, 2010; Baeza *et al.*, 2011a, 2011b; Gallego, 2007; Lezama *et al.*, 2001, entre otros), generando pocos polígonos con incongruencias, una más precisa aproximación requería analizar la génesis del paisaje que se presenta en el **apartado 4.2**.

4.2. LA HISTORIA GEOLÓGICA DEL PAISAJE

4.2.1. GEOLOGÍA REGIONAL ³

- **Geología Precámbrica**

Uruguay es parte de la plataforma Sudamericana y su geología consiste en un basamento Precámbrico aflorando en la parte sur, y sedimentos Paleozoicos a Mesozoicos y flujos basálticos Mesozoicos en la región norte, siendo estos últimos partes de la Cuenca Paraná. Dos cuencas de rift Mesozoicas, relacionadas a la apertura del Océano Atlántico Sur, están presentes en las porciones sur del país (Cuenca del Santa Lucía) y este (Cuenca de la Laguna Merín) (**Figura 4.1**, **Figura 4.2** y **Figura 4.3**).

El basamento Precámbrico abarca aproximadamente el 45% de la superficie del país y diferentes enfoques han sido utilizados durante los últimos 30 años para definir sus principales unidades. Una primera división fue propuesta por Ferrando y Fernández (1971), quienes consideraron dos grupos de edades, definiendo dos dominios principales, uno de ellos del Paleoproterozoico (2,2-2,0 Ga) en el suroeste, y el otro de edad Neoproterozoica (900-500 Ma) en el este. Más adelante Frago-Cesar (1980) definió el Cinturón Don Feliciano (Neoproterozoico) dentro del Cratón del Río de la Plata (CRP).

^{3/} Este apartado fue publicado en: **Panario, D.**, Gutiérrez, O., Sánchez Bettucci, L., Peel, E., Oyhançabal, P., Rabassa, J. 2014. Ancient Landscapes of Uruguay. *En*: J. Rabassa, R. R. Maud (Eds.), *Gondwana Landscapes in southern South America. Argentina, Uruguay and southern Brazil*. (pp. 161-199). Dordrecht, Holanda: Springer Earth System Sciences, doi:10.1007/978-94-007-7702-6_8

El Cratón del Río de la Plata (CRP) fue definido originalmente por Almeida *et al.* (1973) incluyendo las áreas cratónicas más antiguas. Luego Bossi y Campal (1992) lo consideraron una elevación de dos terrazas principales, el Terreno Piedra Alta (TPA) en el lado oeste de la Zona de Cizalla Sarandí del Yí (ZCSY) y el Terreno Nico Pérez (TNP) desarrollado entre la Zona de Cizalla Sierra Ballena (ZCSB) y Sarandí del Yí (ver Figura 5). Recientemente Oyhantçabal *et al.* (2011) propusieron la redefinición del Cratón del Río de la Plata incluyendo sólo la porción más joven de las rocas Paleoproterozoicas que no fueron tectónicamente retrabajadas durante el Neoproterozoico. De acuerdo a esta nueva definición, el Cratón del Río de la Plata aflora únicamente el Terreno Piedra Alta de Uruguay (Figura 5) y en el sistema de Tandilia en Argentina (Cingolani, 2011). El Terreno Nico Pérez, por otra parte, incluye rocas Arqueanas y Paleoproterozoicas, fue

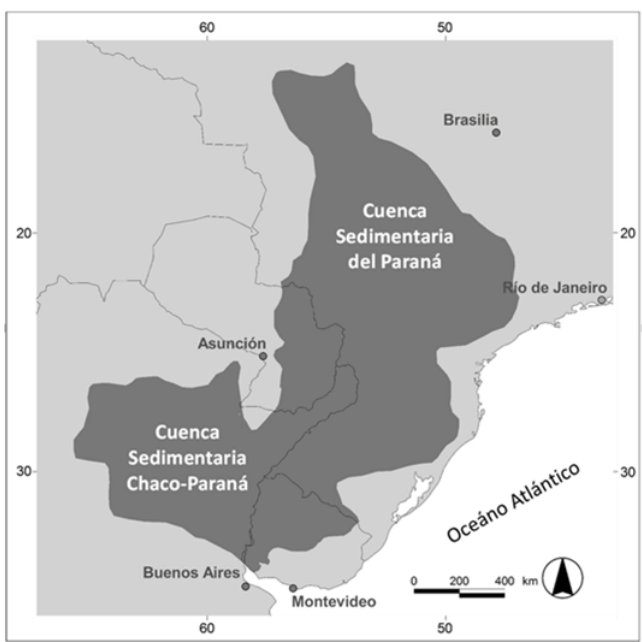


Figura 4.1. Dominios tectónicos de Uruguay. Distribución espacial de las cuencas sedimentarias Paraná y Chaco-Paraná (Paleozoico a Mesozoico). Modificado de Milani (1997).

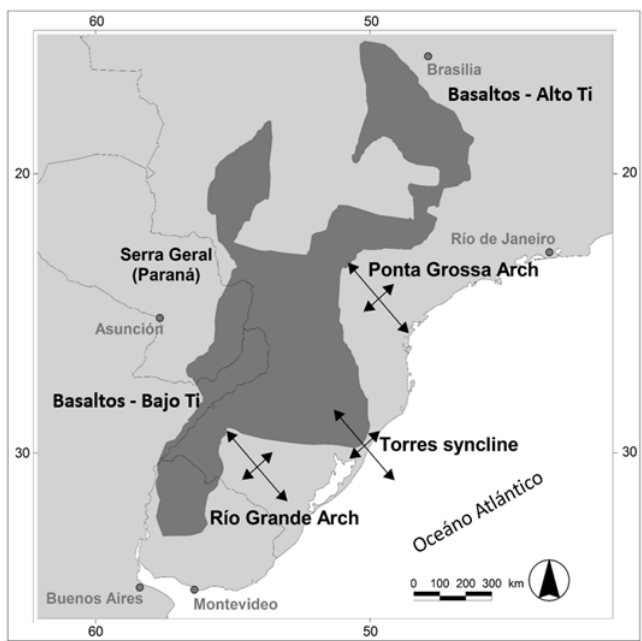


Figura 4.2. Mapa esquemático mostrando la distribución geográfica de la Provincia Ígnea de Paraná señalando la distribución áreas de alto y bajo Ti. Se indican las principales elevaciones del basamento de la cuenca (arcos de Ponta Grossa, Torres y Río Grande). Modificado de Piccirillo y Melfi (1988).

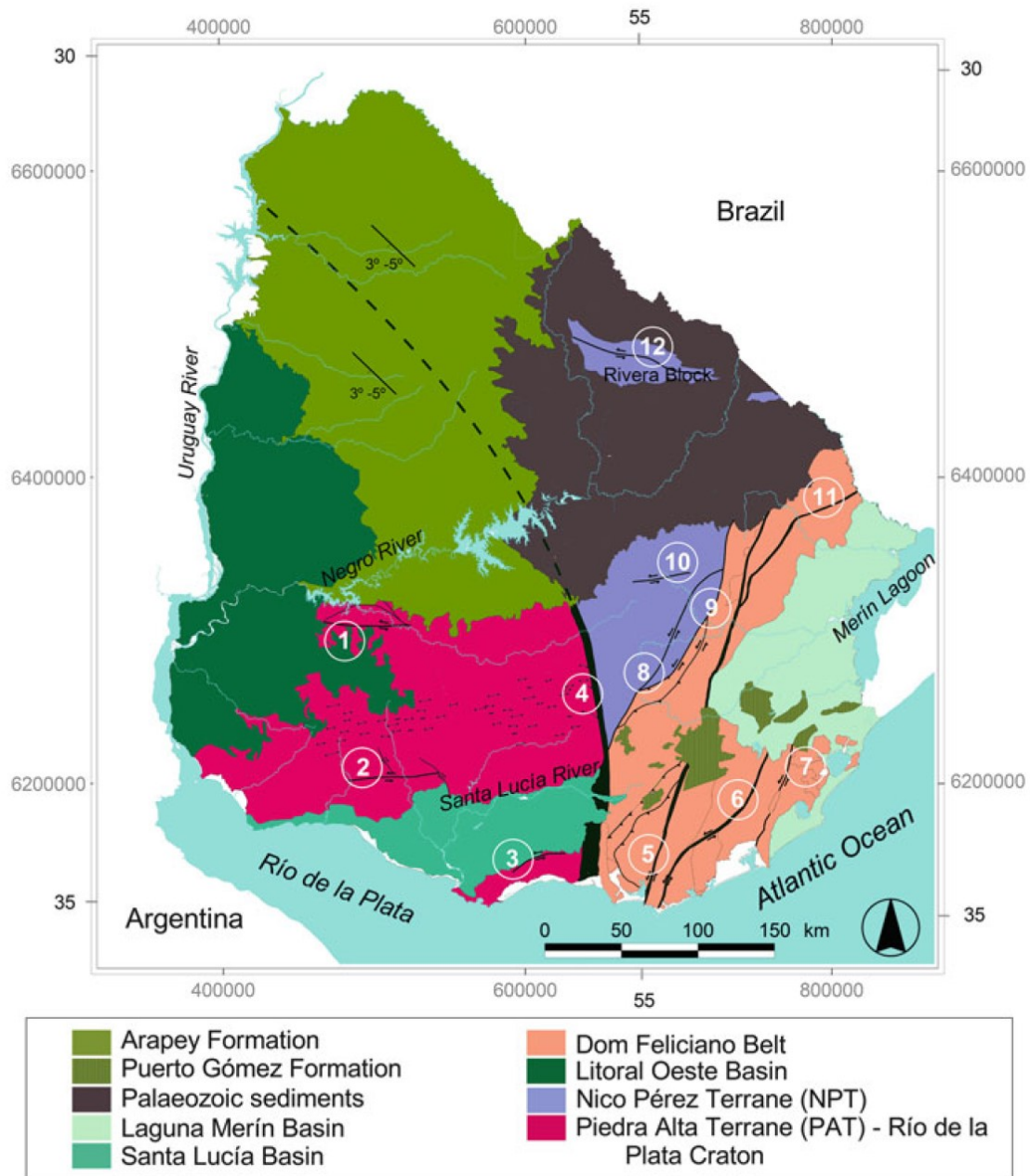


Figura 4.3. Principales unidades geológicas de Uruguay (no se exhibe la cobertura Cenozoica): terrenos Precámbricos y zonas de cizalla; sedimentos Paleozoicos, flujos de lava basálticos del Mesozoico y cuencas relacionadas a rifts (Modificado de Sánchez Bettucci et al., 2010b, de acuerdo con Preciozzi et al., 1985 y Bossi y Ferrando, 2000). Zonas de cizallas: 1) Paso Lugo, 2) Cufre, 3) Mosquitos, 4) Sarandí del Yí, 5) Sierra Ballena, 6) Cordillera, 7) Rocha, 8) Cueva del Tigre, 9) Fraile Muerto – María Albina, 10) Tupambaé, 11) Cerro Amaro, 12) Rivera.

fuertemente retrabajado tectónicamente durante el Neoproterozoico y las intrusiones graníticas Brasilianas están ampliamente distribuidas, por lo tanto debería ser considerada como una unidad basal alóctona, acrecionada con posterioridad al Cratón

del Río de la Plata (Oyhantçabal *et al.*, 2011; Rapela *et al.*, 2011). El Cinturón Don Feliciano (CDF) aflora en el este de Uruguay (ver Figura 4.3) y se extiende por más de 1.000 km a lo largo de la costa Atlántica de Uruguay y sur de Brasil. Se desarrolló entre ca. 750 y 550 Ma (Sánchez Bettucci *et al.*, 2010a) y representa el ciclo orogénico Brasiliano/Pan-Africano. Genéticamente está relacionado a episodios tectónicos que ocurrieron durante la convergencia de los cratones del Río de la Plata, Congo y Kalahari durante el Neoproterozoico (Sánchez Bettucci *et al.*, 2010a).

El basamento del Cinturón Don Feliciano en la porción sur es llamado Unidad Campanero (Sánchez Bettucci, 1998; Sánchez Bettucci *et al.*, 2010b) y abarca principalmente ortogneis de edad protolítica alrededor de 1,7 Ga (U/Pb SHRIMP en zircón; Mallman *et al.*, 2003). Edades similares fueron obtenidas por Sánchez Bettucci *et al.* (2004). En la parte más al este del área, un afloramiento pre-Basamento Brasiliano, el Complejo Cerro Olivo (Masquelin, 2002; Masquelin *et al.*, 2012), consiste de gneises, migmatitas y granulitas de edad Neoproterozoica.

4.2.2. RESEÑA DE LA GEOLOGÍA DEL FANEROZOICO DE URUGUAY. DEL PALEOZOICO HASTA EL PRESENTE

En la escala temporal geológica el Fanerozoico es el tercero de los eones en que se divide la historia de la Tierra y abarca desde hace 570 millones de años aproximadamente, hasta nuestros días, y se divide en Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico (**Tabla 4.1**). Abordar este período nos permite dilucidar a través de geología una evolución que deviene en las actuales formas del paisaje uruguayo.

- **Cuenca Paleozoica de retroarco del Paraná**

La Cuenca Paleozoica del Paraná se ubica en la región central sur de Sudamérica. Es una cuenca de retroarco con deposición de sedimentos con antigüedades que van del Neo-Ordoviciano al Terciario. Esta cuenca ocupa unos 1,7 millones de Km² en Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay. La cuenca tiene una orientación NNE-SSW de forma elíptica con dos tercios de su área cubierta por lavas basálticas Mesozoicas.

El registro sedimentario de esta vasta cuenca alcanza 7.000 m de potencia en su centro de deposición, justo bajo el Río Paraná (Milani y Zalán, 1999). Milani *et al.* (1998) sugieren que la Cuenca del Paraná abarca seis mega-secuencias estratigráficas delimitadas por discordancias interregionales (Vail *et al.*, 1977). El límite este de la Cuenca del Paraná corresponde a una región cortical profundamente afectada por las fallas del Océano Atlántico Sur (ver **Figura 4.1**). Consecuentemente, la elevación y erosión han sido responsables de la remoción de grandes cantidades de rocas sedimentarias del Paleozoico. El límite oeste de esta cuenca se define por el arco de Asunción, una protuberancia flexural relacionada al empuje del cinturón Andino

Cenozoico cerca de Argentina y Bolivia, mientras que los límites norte y sur se superponen al basamento Precámbrico (Milani y Zalán, 1999). La disposición de esta cuenca ha llevado a algunos autores a postular a estos depósitos junto con las cuencas Karoo (Sudáfrica), Beacon (Antártica) y Bowen (Australia) (Catuneanu, 2004).

Los registros sedimentarios del Uruguay comienzan en el Devónico Inferior al Pérmico Inferior. Las unidades Devónicas constituyen el Grupo Durazno (Veroslavsky *et al.*, 2006) y las unidades Permo-Carboníferas del Grupo Cerro Largo (de Santa Ana y Veroslavsky, 2003; de Santa Ana *et al.*, 2006a). El Grupo Durazno abarca las formaciones Cerrezuelo, Cordobés y La Paloma, y representa un ciclo transgresivo-regresivo (T-R) de sedimentos marinos y continentales casi completo. Los ambientes sedimentarios evolucionaron de ríos anastomosados canalizados (Fm. Cerrezuelo) a laderas arcillosas (Fm. Cordobés) y finalmente, planicies litorales (Fm. La Paloma). El comienzo de la sedimentación Neopaleozoica (de Santa Ana *et al.*, 2006b) está

Tabla 4.1. Esquema del Fanerozoico y edades aproximadas para cada subdivisión.

| Eón | Era | Período | Época | Millones años |
|-------------|------------|-------------|--------------|---------------|
| Fanerozoico | Cenozoico | Cuaternario | Holoceno | 0,0117 |
| | | | Pleistoceno | 2,588 |
| | | Neógeno | Plioceno | 5,332 |
| | | | Mioceno | 23,03 |
| | | Paleógeno | Oligoceno | ~33,9 |
| | | | Eoceno | ~55,8 |
| | | | Paleoceno | 65,5 |
| | Mesozoico | Cretácico | | 145,5 |
| | | Jurásico | | 199,6 |
| | | Triásico | | 251,0 |
| | Paleozoico | Pérmico | | 299,0 |
| | | Carbonífero | Pensilvánico | 318,1 |
| | | | Misisípico | 359,2 |
| | | Devónico | | 416,0 |
| | | Silúrico | | 443,7 |
| | | Ordovícico | | 488,3 |
| | | Cámbrico | | 542 |

constituida por extensos registros sedimentarios de origen glacial, glacio-marinos o influenciados por glaciares. El Grupo Cerro Largo (de Santa Ana y Veroslavsky, 2003; de Santa Ana *et al.*, 2006a) está caracterizado por ciclos glaciogénicos (Carbonífero Tardío-Pérmico Temprano), de transición, marinos, y finalmente fluvio-eólicos (Pérmico Tardío). Los niveles más sobresalientes son los depósitos glaciares que abarcan diamictitas y tillitas. Un régimen tectónico de compresión fue identificado en perfiles sísmicos y afloramientos, y es asignado a tiempos Pérmico-Triásicos (de Santa Ana y Veroslavsky, 2003). Este régimen tectónico reactivó fallas normales. Por otra parte, Oleaga (2002) basado en datos geofísicos sugirió que el basamento Precámbrico se ubica a 3.500 m de profundidad.

- **Mesozoico**

La margen uruguaya del Océano Atlántico, una porción de la Plataforma Sudamericana, corresponde a la margen pasiva de tipo Atlántico. De acuerdo con Turner *et al.* (1994), la anomalía termal Tristán da Cunha, fue responsable de la apertura del Océano Atlántico Sur y tuvo su pico máximo entre 137 y 127 Ms. Thomaz-Filho *et al.* (2000) sugirieron que la actividad magmática ocurrió en diferentes etapas durante la separación de Suramérica y África (Cesero y Ponte, 1997). El evento extensional más importante en Uruguay relacionado con la partición de Pangea tuvo lugar en el Triásico Medio y está representado por el magmatismo Cretácico relacionado al rifting continental y forma parte de la provincia magmática Paraná-Etendeka. La deformación es dominada por fallas débiles que afectaron todas las unidades vinculadas, y es caracterizada por fallas normales, usualmente de corta extensión y en promedio de orientación Este-Oeste hundiéndose tanto al Norte como el Sur. También existen una serie de fallas de 350°N con inclinaciones sub-verticales en dirección hacia el Oeste. Se observan algunos rasgos como la formación de fallas de ablación. La dirección de preferencial de las fallas es de 75° a 120°N lo que genera cuencas de tipo hemi-graben rellenas por depósitos clásticos y magmatismo alcalino a perialcalino.

- **Cuenca Intracratónica del Litoral Oeste**

Las cuencas sedimentarias de hundimiento por lo general ocurren en bloques continentales estables o cratónicos, y frecuentemente están ligadas por fallas, sin embargo fallas de rumbo pueden ocurrir dentro de ellas (Middleton, 1989). La Cuenca Litoral Oeste del Uruguay ocupa un área un poco mayor a ca. 50.000 Km² continuando hacia el Oeste en la región de la “Mesopotamia” Argentina. El basamento de la cuenca en la porción Sur es el Terreno Piedra Alta (Paleoproterozoico), mientras que en el Norte y Noreste el basamento es la Fm. Arapey. La evolución de esta cuenca aparentemente fue controlada por subsidencia termo-tectónica (Goso y Perea, 2004).

La cuenca está rellena por depósitos Cretácicos y Cenozoicos. Las unidades Cretácicas son las formaciones Guichón y Mercedes, ambas representan depósitos fluviales (Goso y Perea, 2004). Por otra parte, los depósitos Cenozoicos están representados por la Fm. Fray Bentos, Salto y Raigón. La Fm. Fray Bentos (Oligoceno Tardío) abarca limos eólicos y escasos depósitos fluviales en ambientes áridos.

➤ Depósitos de Rift (Cuencas del Santa Lucía y Laguna Merín)

Las cuencas del Santa Lucía y la Laguna Merín (ver Figura 4.3) están localizadas en el Sur y Sureste de Uruguay, respectivamente. Ambas cuencas presentan una forma alargada E-NE y son consideradas rifts fallidos formados durante la separación de Gondwana (Sprechman *et al.*, 1981). Fueron controlados por el alineamiento tectónico Santa Lucía-Aiguá-Merín (SaLAM) (ver Rosello *et al.*, 1999) relacionado a la Provincia Volcánica Paraná-Etedenka (O'Connor y Duncan, 1990). En la Fosa del Santa Lucía, el alto estructural de Santa Rosa (paralelo a los bordes de la cuenca) se ubica en la región central de la cuenca y la divide en dos subcuencas; presenta rellenos Cretácicos volcánicos y sedimentarios de hasta 2.500 m de espesor, mientras que los sedimentos Cenozoicos tienen sólo unas decenas de metros de espesor (de Santa Ana *et al.*, 1994). La secuencia del Cretácico Temprano (la Fm. Miguez, 1.800 m de potencia; Jones, 1956) representa los niveles más profundos de la cuenca y está compuesta por areniscas, limos y fangos. La Fm. Miguez es cubierta por limos de la Fm. Fray Bentos del Oligoceno.

Los depósitos de carbonato de calcio (la Fm. Mercedes, Bossi *et al.*, 1975) encontrados en la Cuenca del Santa Lucía fueron considerados como parte del Cretácico Superior (Veroslavsky *et al.*, 1997) y fueron previamente correlacionados con los depósitos de las "Calizas del Queguay" que afloran en el Oeste de Uruguay. Estudios recientes consideran que estos limos son el resultado de procesos post-depositacionales de formación de calcretas durante el Terciario (Goso y Perea, 2004) o el Pleistoceno Temprano (Panario y Gutiérrez, 1999). Distintos autores (Lambert, 1940; Jones, 1956; Goso, 1965; Goo y Bossi, 1966a, 1966b; Gómez Rifas *et al.*, 1981; Preciozzi *et al.*, 1985; de Santa Ana *et al.*, 1994; Peel *et al.*, 1998) asignaron origen lacustre a estos depósitos. Igualmente la Fm. Mercedes registra los procesos de pedogénesis más significativos ocurridos durante tiempos Cenozoicos tales como ferrificación, silicificación (formación de silcretas) y calcretización.

La Cuenca de la Laguna Merín está rellena principalmente por rocas volcánicas: basaltos (de la Fm. Puerto Gómez y riolitas, dacitas ignimbritas (de la Fm. Arequita), y en menor medida conglomerados y areniscas rojas (Veroslavsky, 1999), y unidades de loess y areniscas del Cuaternario.

- **Cenozoico**

Hacia el final del Cretácico los procesos subsidencia se enlentecieron a medida que las cuencas iban siendo llenadas, y durante el Cenozoico la deposición y sedimentación fueron limitados por el levantamiento y la erosión. Los depósitos sedimentarios preservados están ligados a sucesivos ciclos eustáticos transgresivos y regresivos registrados a escala regional y global durante el Cenozoico. Basados en información de perforaciones de la plataforma continental aparece un registro bastante continuo de sedimentos, correspondiendo al límite Cretácico-Terciario. Varios cambios en el nivel del mar fueron reconocidos durante el resto del Cenozoico (Ubilla *et al.*, 2004).

- **Paleoceno Eoceno**

La base del Paleógeno está pobremente representada. La escasez de registro geológico para el Paleógeno está relacionada a procesos no deposicionales que indican variaciones climáticas al comienzo del Paleógeno. Ejemplos incluyen el desarrollo de un oxisol y formación de ferricretas en el Eoceno (Panario y Gutiérrez, 1999) o en el Paleoceno Tardío-Eoceno, y particularmente sobre sedimentos continentales del Cretácico (ya mencionados arriba), se desarrollaron depósitos de silcretas, calcretas pedogénicas fosilíferas, calizas y depósitos lacustres.

- **Oligoceno**

Durante el Oligoceno, ocurrieron depósitos aluviales, fluviales, procesos de deslave y loess, vinculados a la orogenia de los Andes. Durante el Mioceno Tardío se dio una transgresión marina (Martínez, 1989; Ubilla *et al.*, 2004) y en el Plioceno-Pleistoceno ocurrieron procesos de evolución continental, principalmente el desarrollo de extensos sistemas fluviales.

La Fm. Fray Bentos (Bossi, 1966) aflora en el Oeste de Uruguay en la Cuenca del Paraná, y hacia el Sur y el Este en las cuencas del Santa Lucía y Laguna Merín. Yace discordantemente sobre la Fm. Mercedes y el basamento Precámbrico. Está cubierta en discordancia por las formaciones Camacho (Mioceno) y Salto (Plioceno-Pleistoceno). La Fm. Fray Bentos consiste de niveles areniscas finas, limolitas loésicas, fangolitas, conglomerados y diamictitas. Representa el primer episodio depositacional significativo durante el Cenozoico (Goso, 1965; Goso y Bossi, 1966a; Veroslavsky y Martínez, 1996), precedido únicamente por la remoción de oxisoles y ferricretas asociadas y alteritas como abanicos aluviales como principales rasgos (Panario y Gutiérrez, 1999). El espesor en los afloramientos de menor a 15 m, pero en subsuperficie alcanza 100 m (Bossi y Navarro, 1991).

- **Mioceno**

La Fm. Camacho se compone de una sucesión de areniscas muy finas a gruesas, limolitas y fangolitas (Martínez, 1994; Ubilla *et al.*, 2004). Esta unidad aflora a lo largo

de la costa de los Departamentos de Colonia y San José, pero también puede ser encontrada en subsuperficie en San José, Maldonado y Rocha. El espesor máximo de los afloramientos es de 15 m, mientras que en la plataforma continental alcanza ca. 200 m (perforación Gaviotín y Lobo; Stoakes *et al.*, 1991; Ucha *et al.*, 2004). Yace en discordancia sobre el basamento Precámbrico o sobre la Fm. Fray Bentos (Oligoceno Tardío).

➤ Plioceno

La Fm. Raigón (Goso, 1965) yace en conformidad sobre la Fm. Camacho y en discordancia sobre la Fm. Fray Bentos y el basamento Precámbrico (Spoturno y Oyhançabal, 2004). La Fm. Raigón está expuesta en las barrancas costeras del Río de la Plata con una potencia máxima de 30 m esta acumulación de sedimentos es de origen fluvial y transicional, y es cubierta en discordancia por la Fm. Libertad, la cual de desarrolla en condiciones continentales y climas semiáridos ha sido asignada al Pleistoceno. La Fm. Raigón ha sido asignada al Plioceno (Panario y Gutiérrez, 1999), sin embargo, algunos autores como Perea y Martínez (2004) la han considerado como perteneciente a mamíferos terrestres de edades más jóvenes (inclusive Plioceno-Pleistoceno Medio), estos sedimentos se formaron a partir de procesos de re-transporte de la Fm. Raigón, o por el contrario se relacionan con depósitos de similar color, características granulométricas y ambientes sedimentarios a aquellos correspondientes a tal formación.

Andreis y Mazzoni (1967), siguiendo a Francis y Mones (1966), nombraron esta unidad como Fm. San José, dividiéndola en dos secciones: la unidad basal formada por arcillas, limos, limos arenosos, y arenas subordinadas de color verde-grisáceo, y la unidad superior compuesta de arenas medias a muy gruesas de color rosado a amarillo. De acuerdo con Bossi y Navarro (1991) la Fm. Raigón consiste de niveles de arcillas verdes, arenas medias finas, arenas gruesas y conglomerados. Por otro lado Tófaló *et al.* (2006) indican que estos sedimentos fluviales pueden ser divididos en dos secciones predominantemente arenosas, separadas por una discontinuidad regional, apuntando a un episodio de reactivación de la sedimentación.

La Fm. Salto es atribuida al Plioceno Final y Pleistoceno, teniendo también origen fluvial. Es expuesta en pequeños afloramientos cerca del Río Uruguay y fue correlacionada con la Fm. Raigón por Goso (1965) y Panario y Gutiérrez (1999). También se correlaciona con las formaciones Salto Chico e Ituzaingó de Argentina, De acuerdo con Veroslavsky y Montaña (2004), representan depósitos de ríos anastomosados distinguiéndose dos ciclos depositacionales. Estos depósitos presentan geometría lenticular, son multi-episódicos, y tienen gradación normal (Tófaló y Morrás, 2009).

Las formaciones Salto Chico e Ituzaingó están claramente relacionadas la Cuenca del Río de la Plata, formada por los ríos Paraná y Uruguay, cuyas cuencas son diferenciables únicamente a partir de sus porciones medias y cuyos sedimentos continúan siendo depositados hasta hoy en día de acuerdo a Herbst (2000), lo que hace difícil establecer las ubicación cronoestratigráfica de sus depósitos, los cuales han sido asignados tanto al Plioceno como al Pleistoceno por diferentes autores. Por lo tanto la Fm. Salto (Goso, 1965; Panario y Gutiérrez, 1999) y la Fm. Salto Chico (Iriondo, 1996) han sido consideradas como edad Plioceno Final-Pleistoceno, como ha sido el caso para la Fm. Ituzaingó (Iriondo, 1980).

➤ Cuaternario

El Cuaternario se caracteriza por el desarrollo de depósitos continentales en la costa del Río de la Plata y el Océano Atlántico. Ocurrieron depósitos asociados a frecuentes oscilaciones del nivel del mar, islas barrera, sedimentación de lagos, marismas y lagunas (Ubilla *et al.*, 2004).



Figura 4.4. Sedimentos loésicos pueden ser vistos en el acantilado, mostrando un continuo proceso de formación de suelo correspondiente a la Fm. Libertad I (Cuaternario). La línea roja punteada indica la discordancia con la Fm. Raigón del Plioceno Final.

La Fm. Libertad (Pleistoceno Temprano a medio; **Figura 4.4**) fue definida por Goso (1965). Esta formación tiene una distribución general a lo largo del territorio, pero su mayor expresión tiene lugar en el suroeste de Uruguay. Tiene un espesor de alrededor de 20 m, yace discordantemente sobre la Fm. Raigón, varias formaciones Cretácicas, y sobre rocas tanto del Paleozoico como del Basamento Precámbrico. Es cubierta discordantemente por formaciones del Cuaternario Tardío (Spoturno y Oyhantçabal, 2004). De acuerdo a Bossi y Ferrando (2000) incluye fangolitas masivas friables con gravillas esparcidas y abundante carbonato de calcio. Según Tófaló *et al.* (2006) corresponde a depósitos de loess acumulados en regiones semiáridas de pendientes suaves sometidas a procesos pedogenéticos.

Zárate (2003) ha sugerido que estos loess, principalmente representados por un manto de 1-2 m de espesor, tienen una composición similar a unidades loésicas del Norte de la Pampa (Provincias de Entre Ríos y Corrientes de Argentina). Dos unidades de loess principales han sido identificadas, llamadas Libertad I y Libertad II, del Pleistoceno Temprano y Medio respectivamente (Goso, 1965). La Fm. Libertad I está compuesta por loess pobremente calcáreo edafizado mientras que la Fm. Libertad II exhibe evidencias de retrabajo por agua y modificaciones pedogenéticas.

Por otra parte Sánchez Bettucci *et al.* (2007) presentaron resultados magnetoestratigráficos preliminares de las formaciones Camacho, Raigón y Libertad (Neógeno). En la Fm. Camacho se encontró una señal de polaridad reversa, asignada a la zona magnética de Gilbert. Los sedimentos de la Fm. Raigón tienen polaridad normal interpretada como perteneciente a la zona magnética de Gauss. Finalmente, la Fm. Libertad I presenta polaridad magnética reversa, la que es asignada a la zona magnética de Matuyama. El Polo paleomagnético obtenido por estos autores se localiza a 88,2° S lat., 189,7° W long., Dp 5° Dm 7,2° N=39. La Fm. Libertad II presenta polaridad normal, y ha sido asignada a la edad paleomagnética de Brunhes, de acuerdo a Sánchez San Martín (2010).

En Uruguay no se han realizado estudios de neotectónica pero se conocen algunas evidencias de actividad tectónica reciente. Estudios en Brasil sugieren que el período Neotectónico (Eoceno-Oligoceno) debería relacionarse al episodio en el cual ocurrió la mayor reorganización tectónica. El período Neotectónico presenta una posible correlación entre eventos de la orogenia Andina (Bezerra *et al.*, 2001; Bezerra y Vita-Finzi, 2000). Hasui (1990) sugirieron que la edad máxima del período neotectónico en Brasil debería ser el Oligoceno, el cual se corresponde con los pulsos extensionales más recientes de la extensión del Océano Atlántico Sur. Sin embargo, la profundidad a las que se encuentran las unidades Cenozoicas (al Oeste y al Este) sugiere una subsidencia dominante, continua y estable desde el Cenozoico principalmente en la parte este, mientras que en la región oeste dominó el levantamiento. En este último desplazamiento de la región se han identificado fallas de dirección reversas de baja

magnitud. Adicionalmente, los datos sísmicos históricos de Uruguay incluyen movimientos de baja intensidad que ciertamente han dejado su marca en el paisaje.

4.2.3. GEOMORFOLOGÍA DEL URUGUAY

- **Modelado del Paisaje**

La evolución del paisaje uruguayo es el resultado de una variedad de climas regionales a lo largo de su historia geológica. Estos climas han tenido gran influencia sobre el paisaje, modelando y modificando las formas pre-existentes. Los materiales sedimentarios generados en diferentes períodos y las formas resultantes permiten la inferencia de varias características paleoambientales. La reconstrucción tiempo-clima basada únicamente en las formas observables del paisaje solamente es posible cuando estas formas se han preservado. Así sea un nivel relictual, aquellos remanentes son una clara expresión del paleoclima dominante.

Estas características sólo son posibles bajo condiciones intensas o de una duración lo suficientemente larga como para dejar una impresión clara de génesis en los rasgos del paisaje, lo cual proveería una interpretación confiable.

Ciertamente varias formas del paisaje han sido erosionadas y borradas de la superficie: los relictos más antiguos están representados principalmente por elevaciones aisladas, generalmente fuertemente denudadas. Estos relictos pueden ser interpretados como inselbergs posicionales o bornhardts, mientras que otros pueden ser considerados como planicies de aplanamiento, que son los principales rasgos del paisaje.

- **Paleoclimas**

- **Paleozoico**

Algunas evidencias paleoclimáticas pueden establecerse para esta región desde el Devónico. En este sentido, desde el Devónico Temprano al Pérmico Temprano, varios eventos marinos transgresivos han sido identificados. También se han encontrado depósitos continentales formados por ríos anastomosados, indicando así la alternancia de condiciones relativamente áridas a climas más húmedos. Durante el Pérmico Temprano también ocurrieron depósitos fluvio-eólicos que han sido relacionados a condiciones áridas a semiáridas (Goso y Perea 2004). Los períodos más húmedos y cálidos que habrían tenido lugar pueden ser asociados a facies más arcillosas, debido a la estabilidad del paisaje durante etapas transgresivas. También se dieron depósitos de morrenas y tills de edad Carbonífero-Pérmico, lo cual indica la existencia de un relieve más alto, probablemente localizado más al norte.

➤ Mesozoico

Las condiciones frías y húmedas del Pérmico lentamente fueron cambiando a climas más secos y cálidos durante el Pérmico Tardío y el Triásico. Las condiciones climáticas durante la mayor parte del Jurásico eran claramente las de un extenso desierto, como lo demuestran las areniscas de la Fm. Tacuarembó, conocidos como Fm. Botucatú en Brasil, mayormente compuesta por arenas eólicas levemente rubificadas, que eran campos de dunas activos. Esta formación también presenta facies de ambientes lagunares en condiciones menos extremas (Bossi, 1966).

Las condiciones áridas se mantuvieron hasta el Cretácico Temprano, como lo demuestra la existencia de dunas barján silicificadas y mantos de arena (areniscas inter-trapeanas) provenientes del norte, interestratificadas con los basaltos de la provincia volcánica del Paraná.

Más adelante el clima parece haber evolucionado hacia condiciones semiáridas, relacionadas con la apertura del Océano Atlántico Sur, expuesto también por areniscas fluviales rubificadas (Formaciones Guichón y Migues). Las condiciones semiáridas permitieron el desarrollo discontinuo de suelos incipientes (Goso y Perea, 2004) lo que perdura hasta el final del Cretácico, pero presumiblemente bajo un clima templado de acuerdo a la información sedimentológica de la Fm. Mercedes. Estas circunstancias sugieren que las condiciones necesarias para la génesis de superficies de planación fueron relativamente continuas desde algún momento del Jurásico hasta el fin del Cretácico si las condiciones húmedas previas prevalecieron.

➤ Cenozoico

Las condiciones climáticas dominantes durante el Paleoceno todavía no son del todo claras, ya que el registro geológico no tiene suficiente continuidad. Datos de perforaciones profundas provenientes de la plataforma submarina serán indudablemente de gran ayuda en esta interpretación. El origen y desarrollo de los rasgos geomorfológicos más extensos del Uruguay puede ser rastreado hasta tiempos del Eoceno (Panario y Gutiérrez, 1999) o Paleoceno Tardío. Una amplia planación Cenozoica del paisaje uruguayo fue posible bajo las condiciones cálidas y húmedas del clima del Eoceno, con una profunda meteorización acompañada por el desarrollo de oxisoles y formación de ferricretas. Las ferricretas del Eoceno se desarrollaron sobre rocas del Cretácico y Precámbrico en Uruguay, y sobre rocas basálticas en las provincias argentinas de Corrientes y Misiones. Las ferricretas también aparecen como bloques aislados en areniscas del Jurásico (Fm. Tacuarembó; Caorsi y Goñi, 1958).

La erosión del Oligoceno de los suelos del Eoceno bajo condiciones generalmente áridas a semiáridas resultó en la deposición de abanicos aluviales de guijarros de plintita (Ford, 1988), que pasan hacia arriba a una zona de transición decimétrica

dentro de la Fm. Fray Bentos dominada por loess. Estos procesos de erosión fueron facilitados por la intensa meteorización del Eoceno dejando extensas superficies de planación en dominios metamórficos, ígneos y sedimentarios (**Tabla 4.2**).

Durante el Mioceno, el registro geológico (Fm. Camacho) indica una transgresión marina, cuya fauna de moluscos y la presumiblemente asociada fauna continental indicaría condiciones climáticas cálidas y húmedas.

Basados en información paleontológica, *Rodríguez et al.* (2008) consideraron esta unidad como depositada en provincias marinas subtropicales, variando de intermareal a plataforma continental media.

La erosión del Plioceno, nuevamente bajo condiciones generalmente áridas, resultó en la formación de depósitos gruesos de ríos anastomosados conocidos como Fm. Raigón (Goso, 1965), abanicos aluviales (Fm. Malvín; Antón y Prost, 1974) y probablemente la Fm. Salto relacionada con el Río Uruguay al igual que otros sedimentos fluviales en el suroeste de Uruguay, comparables con la Fm. Ituzaingó como fuera definida por De Alba (1953), Herbst (1971) y Herbst *et al.* (1976) en Argentina (ver Krohling e Iriundo, 1998; Brea y Zucol, 2011).

A partir de la transición Plioceno-Pleistoceno la alternancia de períodos glaciares se manifiesta en la deposición de loess de los cuales se reconocen dos paquetes: Fm. Libertad I y Fm. Libertad II, separados entre sí por un entalle del paisaje. En estos depósitos se expresan procesos de edafización correspondientes a interglaciares.

La Fm Chuy es un depósito marino del Pleistoceno tardío que tiene poca representación en el territorio continental (Panario y Gutiérrez, 1999).

El Holoceno se caracteriza por una relativa estabilidad del paisaje, procesos pedogenéticos y la deposición de sedimentos fluviales subactuales. A su vez en este período los depósitos marinos se vinculan a la zona litoral actual, con una expresión espacial limitada a esa zona.

Tabla 4.2. Unidades Cenozoicas de Uruguay (modificadas de Panario y Gutiérrez, 1999 y de Ubilla *et al.*, 2004).

| ERA | SISTEMA / PERIODO | ÉPOCA | Procesos Tectono-sedimentarias | | Edad |
|-------------------|-------------------|--|--|---|-----------------------------|
| C E N O Z O I C O | CUATERNARIO | HOLOCENO | Fluctuaciones en el nivel del mar, reactivaciones tectónicas locales | Terrazas fluviales – dunas de arena costeras Formación Villa Soriano | (11.700 años B.P. presente) |
| | | PLEISTOCENO | | Dolores -Sopas Formación Chuy Formación Libertad, unidad Bellaco (1) | 2,588 Ma a 11.700 años |
| | | PLIOCENO | | Formación Salto - Formación Raigón | 5,332 a 2,588 Ma |
| | NEÓGENO | MIOCENO | Ingresiones Marinas. Formación Cuenca La Plata | Formación Camacho | 23.03 a 5,332 Ma |
| | | Uplift, fallas frágiles, erosión (discordancia Mioceno). | | | |
| | PALEÓGENO | OLIGOCENO | Reactivaciones tectónicas Formación de pequeñas cuencas | Formación Fray Bentos | 33.9 a 23.03 Ma |
| | | EOCENO | Condiciones de estabilidad general | Ferricretes - del Palacio Paleosuelo (Oxisoles) | 55.8 a 33.9 Ma |
| | | PALEOCENO | | Calizas del Queguay (2) Formación Gaviotín | 65.5 a 55.8 Ma |

(1) Corresponde a una unidad de suelo del mapa de suelos a escala la 1:1.000.000 de Uruguay (Dirección de Suelos y Fertilizantes 1976), pero todavía no formalmente definido estratigráficamente. (2) Tanto los procesos de formación de calcreta como los de silicificación pueden atribuirse a varios episodios durante el Cenozoico, por tanto, la asignación de estos procesos a una cierta edad puede más tarde ser modificada.

CAPÍTULO 5.

MATERIALES Y MÉTODOS



5.1. ALGUNAS PRECISIONES METODOLÓGICAS

5.1.1. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

Una clasificación debe seleccionar los atributos a aquella escala en la que tengan mayor resolución, en la medida que respete la organización jerárquica del sistema, y sea una forzante sobre los niveles jerárquicos inferiores. El sistema que cumple con esta premisa es el climático, dado que es el clima el que condiciona el modelado del relieve, los ambientes sedimentarios y, directamente o a través de la vegetación, el desarrollo de los suelos dentro de una región morfo-geo-estructural.

Otro criterio es el de persistencia o estabilidad, la mayor persistencia está dada por la geología a la cual se asocia a través de los procesos de modelado, una cierta pendiente, geología y relieve que condicionan en mayor medida los suelos Tricart y Kilian (1982). Estos últimos, si bien tienen mayor persistencia que otros atributos del sistema, son modificados por el cambio de uso o por cambios en la cobertura vegetal debidos a cambios climáticos, por ello el suelo siempre es utilizado en los rangos jerárquicos inferiores.

Para la presente propuesta fue ajustada para las condiciones del país, el sistema de “Clasificación de Eco-regiones y determinación de Sitio y Condición” de Panario *et al.* (1987, 1988), Gallardo y Gastó (1987), Gastó *et al.* (1993a), actualizándolo con la experiencia de otros autores como Bailey (2009) coautor del Ecomap (1993) de los Estados Unidos de Norteamérica, que son clasificaciones jerárquicas de ambientes, con unidades mutuamente excluyentes y exhaustivas a diferentes escalas.

En la presente propuesta, se incluyeron otros criterios más específicos para una clasificación pensada en términos de conservación de la biodiversidad, más que en criterios de producción, como la citada propuesta de Gastó *et al.* (1993a). Sobre esta base fueron elaborados 5 taxones (**Figura 5.1**), utilizando:

- (a) escala de menor resolución, fue utilizada la regionalización por zonas climáticas (**Provincias**) utilizando los índices de Köppen-Geiger (Peel *et al.*, 2007) para su representación a escala 1:10⁷ o menor, de forma de ubicar al país en el contexto latinoamericano;
- (b) las **Eco-región** que son generadas a partir de la lectura que la vegetación y la fauna hacen del paisaje, reagrupando Eco-regiones;
- (c) a su vez sobre la base de **Unidades Morfo-geo-estructurales (Eco-zonas)**, desarrolladas a partir de asociaciones de materiales parentales geológicos, fue realizada una generalización a partir de las unidades elementales (Sitio) para su representación a escalas menores o iguales a 1:5.000.000;

(d) fue elaborada una tercer categoría, el **Distrito** teniendo en cuenta la energía del relieve (calculada sobre base de curvas de nivel cada 10 metros del Servicio Geográfico Militar), subdividida en depresiones, planos, lomadas, colinas, cerros y escarpas para una representación apropiada a escalas del orden de 1:500.000. Se procedió agrupando los sitios en una primera instancia por rangos de pendiente en 4 clases, y en una segunda instancia por proximidad geográfica atendiendo a la pendiente dominante en cada zona, y respetando el carácter de anidadas de las unidades agrupadas.

(e) un cuarto nivel, los **Sitios** o **complejo de sitios**, fueron conformados a partir de las unidades elementales del paisaje con representación a escalas en torno a los 1:50.000, realizados sobre información detallada de algunos parámetros edáficos escogidos, que permitan generalizar la información de suelos de detalle disponible para todo el país (CONEAT, 1979), por aquellas variables edáficas que condicionen el tipo de vegetación o significativamente su productividad primaria.

Este conjunto de unidades territoriales y la información que la acompaña fue estructurado sobre la base de un Sistema de Información Geográfico (S.I.G.).

El presente trabajo implicó la clasificación de 33.608 polígonos por su similitud de respuesta ecosistémica y los servicios que presta a la sociedad en diferentes unidades con diferente resolución espacial, pertenecientes a 188 unidades de suelo, en un número menor de Sitios o Complejos de Sitios, los que se agruparon a su vez, en Distritos y en Eco-zonas y finalmente Eco-regiones.



Figura 5.1. Esquema de unidades que integran el Sistema de Clasificación de Paisajes.

5.2. CARACTERÍSTICAS Y CONSTRUCCIÓN DEL S.I.G.

Fue construido un Sistema de Información Geográfico (S.I.G.) que incluyo la incorporación de coberturas vectoriales y las bases de datos disponibles que fueron sistematizadas para ser anexadas como tablas biunívocamente relacionadas a cada polígono del sistema. Fue usada la proyección UTM (Universal Transverse Mercator) Zona 21 Sur extendida, WGS84, que abarca toda la superficie del país. El software usado fue ArcView 3.3® y ArcGis 10®.

Fue ingresada información geográfica: hidrografía, caminería, curvas de nivel cada 10 metros y centros urbanos provenientes de la vectorialización disponible de las 302 cartas del Servicio Geográfico Militar que cubren el territorio del país y que tiene un origen en papel a escala 1:50.000.

También fue incorporada información proveniente de cartas temáticas:

- Cartografía de suelos de semidetalle a escala 1:40.000 conocida como CONEAT (1979). (En adelante “suelos CONEAT”).
- Carta de Suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000 (Dirección de Suelos y Fertilizantes, 1976).
- Carta Geológica a escala 1:500.000 (Preciozzi *et al.*, 1985).
- Carta Geomorfológica a escala 1:5.000.000 (Panario, 1988; Panario y Gutiérrez, 1999).

Se optó por tomar como base para sistematizar la información, al shape de suelos CONEAT (1979), en razón de la difusión y aceptación local, así como por la escala de detalle del shape (1:40.000 de origen en papel), y la calidad cartográfica del mismo. Este shape tiene 33.608 polígonos sistematizados en (188 unidades originales de esta cartografía) y cubre una superficie de 174.446 km² ⁽⁴⁾, con un promedio de superficie por unidad de 5,19 Km² (tamaño máximo: 1.710,52 Km² y mínimo: 0,008 Km²). El soporte físico del paisaje, fue analizado caracterizando primero sus Unidades básicas, para lo cual se utilizó esta cartografía en formato shape, con la información sistematizada de suelos y relieve (sitio.shp).

A esos efectos fue construida una base de datos a partir de sistematizar la información en formato papel que caracteriza a cada una de las 188 unidades CONEAT (1979). La descripción de cada unidad incluía información de aptitud y capacidad de uso, relieve, geología, riesgo de erosión, profundidad, textura, drenaje, pH, salinidad, fertilidad,

^{4/} La superficie total incluyendo las superficies ocupadas por centros urbanos, lagos y represas es de 176.215 (+/- 64 km²), según el Servicio Geográfico Militar (http://www.geoinstitutos.com/uruguay/inicio_uru.asp).

capacidad de intercambio catiónico, saturación en bases, rocosidad ,vegetación dominante entre otras.

El trabajo de campo fue apoyado con fotointerpretación, y la escala utilizada para la definición de las unidades de suelo, fue para la mayor parte del territorio de 1:40.000 y sólo excepcionalmente a escala 1:20.000, por lo que se trabajó en este análisis mayoritariamente con un complejo de sitios o catena para las unidades de mayor detalle cartográfico.

A su vez, se incorporó al análisis la cartografía de suelos a escala 1:1.000.000 realizada por la Dirección de Suelos (Dirección de Suelos y Fertilizantes, 1976), que es una generalización de las unidades CONEAT, que por tanto coincide en sus límites con la base de las unidades elementales, lo que permite analizar las zonas en las que se producen padrones repetitivos de suelos y compararlos con la distribución espacial de una Eco-zona. Fue sistematizada e incluida la información extraíble de la descripción de las 99 unidades de la Clasificación de Suelos del Uruguay (Altamirano *et al.*, 1976).

Se incluyó a su vez en la tabla, el riesgo de inundación (duración y frecuencia) para cada una de las 188 unidades, que fue realizado por Sganga (1985) y ajustado para la presente tesis.

5.3. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS PARA LA CLASIFICACIÓN

Para cada una de las variables relevantes para la clasificación de paisaje se establecieron rangos, los que fueron establecidos a partir de revisión de literatura internacional sobre el tema. Toda la información generada fue incorporada a la tabla del shape *sitio.shp*.

Los **Sitios**, cuando se trata de áreas con **suelo**, se propone su clasificación mediante la utilización de una nomenclatura de siete letras (**Figura 5.2**), que contiene la pendiente dominante, junto a seis variables edáficas (siempre presentes), que permiten definirlos, a saber por:

- Pendiente
- Profundidad
- Textura
- Drenaje
- Hidromorfismo
- pH/salinidad
- Rocosidad



Figura 5.2. El Sitio y las variables que lo definen.

Es factible agregar información adicional por fuera del sistema, mediante la **octava variable opcional**, que aparecerá cuando se lo requiera, y eventualmente permitirá agregar algún parámetro no considerado, pero que pueda resultar significativo para determinar la presencia de alguna especie o sus hábitos, u otra información que pueda ser valiosa para medidas de manejo o mitigación, como por ejemplo la presencia de *stone line*, la exposición al sol, a los vientos, etc., cuando alguno de estos factores sea relevante. En esta propuesta, las variables opcionales incorporadas son:

- Exposición al viento (barlovento, sotavento)
- Limitante de fertilidad
- Pedregosidad
- Presencia de calcio libre o concreciones friables (suelos calcimórficos)

Los Sitios, cuando corresponden a áreas de afloramiento sin suelo o espejos de agua libre (artificial o natural) sin cobertura de vegetación acuática permanente, no son contemplados en este punto, dado que quedan definidos exclusivamente por esa condición, denominándose los por esa sola variable condicionante (roca, agua).

5.4. RANGOS DE PENDIENTE – VARIABLE PARA SITIO Y DISTRITO

Para la cartografía de Distritos y Sitios, fue analizada la pendiente predominante para cada una de las unidades de la carta CONEAT.

La pendiente es la tangente del ángulo de inclinación del terreno con respecto a una superficie horizontal y se expresa en porcentaje. Este análisis se realizó a partir de las curvas de nivel del SGM digitalizadas cada 10 metros, a partir de calcular para la distancia entre curvas la pendiente del terreno (**Tabla 5.1**). En aquellas unidades que teniendo un área en la cual se expresan claramente diferentes pendientes que permitirían su asignación a diferentes Distritos, se las clasificó usando uno de estos criterios:

- la pendiente predominante en toda la unidad,
- la pendiente que aunque no mayoritaria, fuera significativa por la importancia ecológica de los procesos asociados, por ejemplo, la presencia de curvas de nivel cuya proximidad permitía detectar la existencia de cornisas o escarpas.

• **Procedimiento**

El procedimiento consistió en medir transectas sobre las curvas, para determinar a partir de la separación entre ellas, la pendiente predominante. El análisis fue realizado sobre pantalla, manteniendo constante una escala de visualización de 1:50.000, a efectos de poder establecer un criterio homogéneo de asignación de pendiente.

Tabla 5.1. Rango de pendiente utilizado para caracterizar la pendiente de los Distritos.

| Distrito | Rango de pendiente medida en %, que determina la pertenencia a un distrito | Distancia en planta entre isolíneas de altura (trazadas cada 10m de altitud) |
|-----------------------|---|---|
| Serrano | < 66 ≥ 34 | > 15,0 ≤ 29,4 |
| Ondulado fuerte | < 34 ≥ 18 | > 29,4 ≤ 55 |
| Ondulado suave | < 18 ≥ 10 | > 55 ≤ 100 |
| Plano ondulado fuerte | < 10 ≥ 6 | > 100 ≤ 165 |
| Plano ondulado suave | < 6 ≥ 2 | > 165 ≤ 500 |
| Plano inclinado | < 2 ≥ 0,2 | > 500 ≤ 5.000 |
| Plano | <0,2 ≥ 0,01 | > 5.000 ≤ 100.000 |
| Depresión | < 0,01 | > 100.000 |

Para ello se superpuso al mapa de sitios las curvas de nivel del SGM en formato vectorial separadas cada 10 metros para mejorar la visualización, digitalizado por el Ministerio Transporte y Obras Públicas, pudiendo determinarse importantes errores no sistemáticos, particularmente en las zonas de pendientes más fuertes (de más difícil acceso y menor valor económico) por lo que se trabajó con esta cartografía polígono por polígono. Estos errores que presentaba el *shape* de curvas de nivel, tiene posiblemente origen, en que fue digitalizado a partir de cartas originales escala 1:50.000 impresas en papel, donde para las zonas con mayor relieve, se dejaban las curvas cada 20 metros a efectos de lograr una mejor visualización de la información, evitando un empastado de líneas. Otros se deben a errores de dibujo, simplemente.

En el caso en que una unidad por razones de escala presentaba más de una categoría de pendiente, se utilizó la pendiente dominante, pues si bien las herramientas disponibles permitirían separarlas como unidades diferentes (generando nuevos polígonos), el tiempo de cómputo requerido cuando se trabaja con más de 33.000 polígonos excede los objetivos de esta primera aproximación.

Las clases principales de pendientes coincidentes con los límites de los Distritos fueron agrupados, en cinco categorías básicas. Para la generación de la unidad Distrito a nivel de país, se reagruparon de dos formas las pendientes. Por un lado, se procedió a agrupar en cuatro clases básicas: serrano (cerros), ondulado (colinas), plano (que incluye lomadas y planicies) y depresiones (humedales), lo que a su vez fue incorporado como una de las variables que define al Sitio.

Dentro de cada Distrito, existen por tanto divisiones de pendientes que en determinadas condiciones pueden ser útiles para subdividir Sitios (**Tabla 5.2**).

En una segunda instancia, para generar una cartografía de Distritos, representable a una escala 1:250.000 o menor, fueron reagrupados por proximidad geográfica, a efectos de generar polígonos con mayor expresión espacial.

Tabla 5.2. Rango de pendientes agrupadas usadas para caracterizar la primera variable del Sitio.

| Distrito agrupado | Rango de pendiente medida en %, que determina la pertenencia a un distrito | Clave | Distancia en planta (metros) entre isolíneas de altura (trazadas cada 10m de altitud) |
|--------------------------|---|--------------|--|
| Serrano | < 66 a \geq 34 | S | > 15,0 a \leq 29,4 |
| Ondulado | < 34 a \geq 10 | O | > 29,4 a \leq 100 |
| Plano | < 10 a \geq 0,01 | P | > 100 a \leq 100.000 |
| Depresión | < 0,01 | D | > 100.000 |

5.5. ATRIBUTOS EDÁFICOS Y AMBIENTALES – VARIABLES PARA SITIO

Fue analizado el archivo de análisis físicos y químicos de caracterización de suelos de la Dirección de Suelos y Fertilizantes (MGAP). Este archivo comprende la descripción y el análisis de unos 2.000 perfiles efectuados durante el relevamiento de suelos del país. Como resultado de esta revisión, se decidió generar Unidades básicas de cartografía, que se denominaron mediante la utilización de un sistema de códigos que las describen en función de las siguientes variables (siempre presentes), que permiten caracterizar las diferentes unidades de paisaje de esta propuesta: profundidad, textura, drenaje, hidromorfismo, pH/salinidad y rocosidad.

- **Procedimiento**

Se generó una nomenclatura para los Sitios (Pendiente + Unidades básicas), basada en códigos que describe cada una de las categorías correspondientes a los criterios usados. Básicamente, el nombre de cada Sitio se conformó integrando 8 códigos, siguiendo el orden (i.e., 1 a 7 [8]) que se muestra en la **Tabla 5.3**, siendo el número 8 optativo.

Tabla 5.3. Variables, categorías y códigos utilizados en la nomenclatura de los Sitios.

| Variable | Códigos y Categorías |
|---------------------------|---|
| 1. Pendiente | D:Depresión, P:Plano, O:Ondulado, S:Serrano |
| 2. Profundidad | S: Superficial, M: Medio y P: Profundo |
| 3.Textura | L:Liviana, M:Media y P:Pesada |
| 4. Drenaje | E:Excesivo, R:Rápido, M:Moderado, L:Lento y N:Nulo |
| 5. Hidromorfismo | N:No hidromórfico, H:Hidromórfico, I:Intermitentemente inundado, T:Temporalmente inundado, P:Permanentemente inundado |
| 6. pH | H:Muy ácido, N:Neutro, A:Alcalino, S:Salino |
| 7. Rocosidad/pedregosidad | N:Baja-Nula, M:Media y A:Alta |
| 8. Opcionales | b:barlovento, c:calcimórfico, f:fertilidad limitada, p:alta pedregosidad (canto rodado), s:sotavento (sitios arenosos costeros) |

Para cada una de las variables seleccionadas fueron establecidos rangos acordes a su importancia en la diferenciación de ambientes, atendiendo fundamentalmente a la lectura que la vegetación hace de estas variables (**Tabla 5.4**), en base a:

- bibliografía existente,
- nuestra experiencia de terreno, y
- el cruce de información de formas de vida (vegetación).

Fueron seleccionadas algunas variables opcionales ambientales, a efectos de poder diferenciar unidades que no podían discriminarse por las combinaciones de las variables anteriores de tipo edáficas (**Tabla 5.3. Variables, categorías y códigos utilizados en la nomenclatura de los Sitios.**

5.6. RANGOS GENERADOS A PARTIR DE VARIABLES MORFO-GEO-ESTRUCTURALES Y BIOLÓGICAS. ECO-ZONAS Y ECO-REGIONES

Para las Eco-zonas se analizaron las grandes unidades morfo y geoestructurales en que se subdivide el territorio nacional, sobre la base de la información geológica y geomorfológica obtenida durante el proceso de relevamiento de suelos de Uruguay (CONEAT, 1979), dando por resultado un sistema de unidades anidadas a diferentes escalas.

Para las Eco-regiones, en una segunda instancia se procedió a generar un proceso de eco-regionalización generalizando las Eco-zonas en unidades mayores utilizando para ello los registros de colecciones de vertebrados y flora principalmente arbórea. La integración de los diferentes esquemas de regionalización fue desarrollado priorizando la propuesta física, tomando en consideración que las estructuras geomorfológicas y edáficas son más estables en el tiempo, y además suelen ser los factores explicativos de la distribución de la flora y fauna (Bailey, 2009).

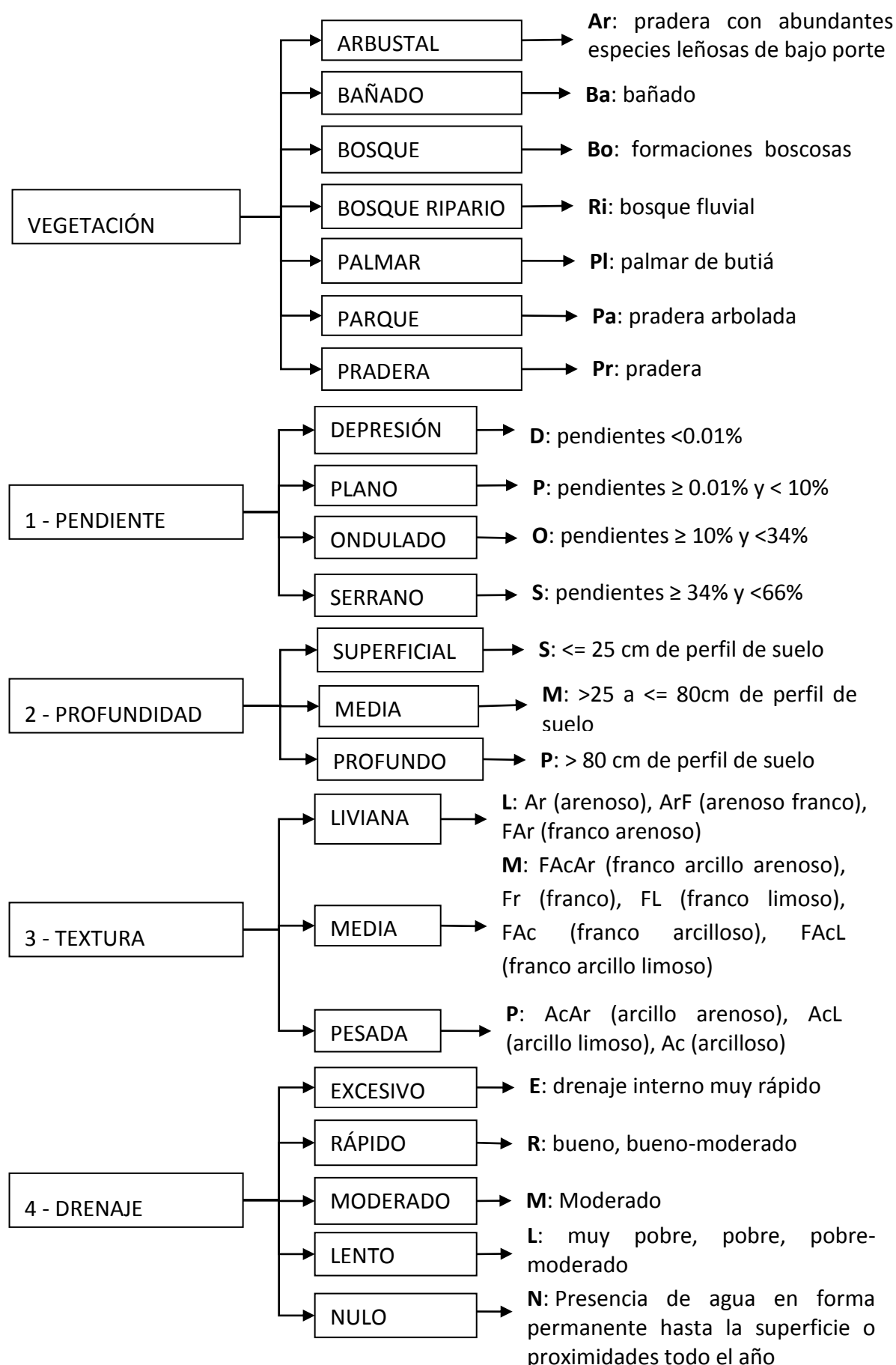
Desde esta perspectiva, el esquema físico fue ajustado en función de las zonas definidas biológicamente, procurando que las eco-regiones resultantes, además de mantener una sólida coherencia ambiental, se ajustaran lo mejor posible a las regiones biológicas de los diferentes grupos taxonómicos.

Fueron utilizados registros biológicos para el chequeo de la coherencia de las unidades definidas en particular en las zonas de transición entre eco-zonas.

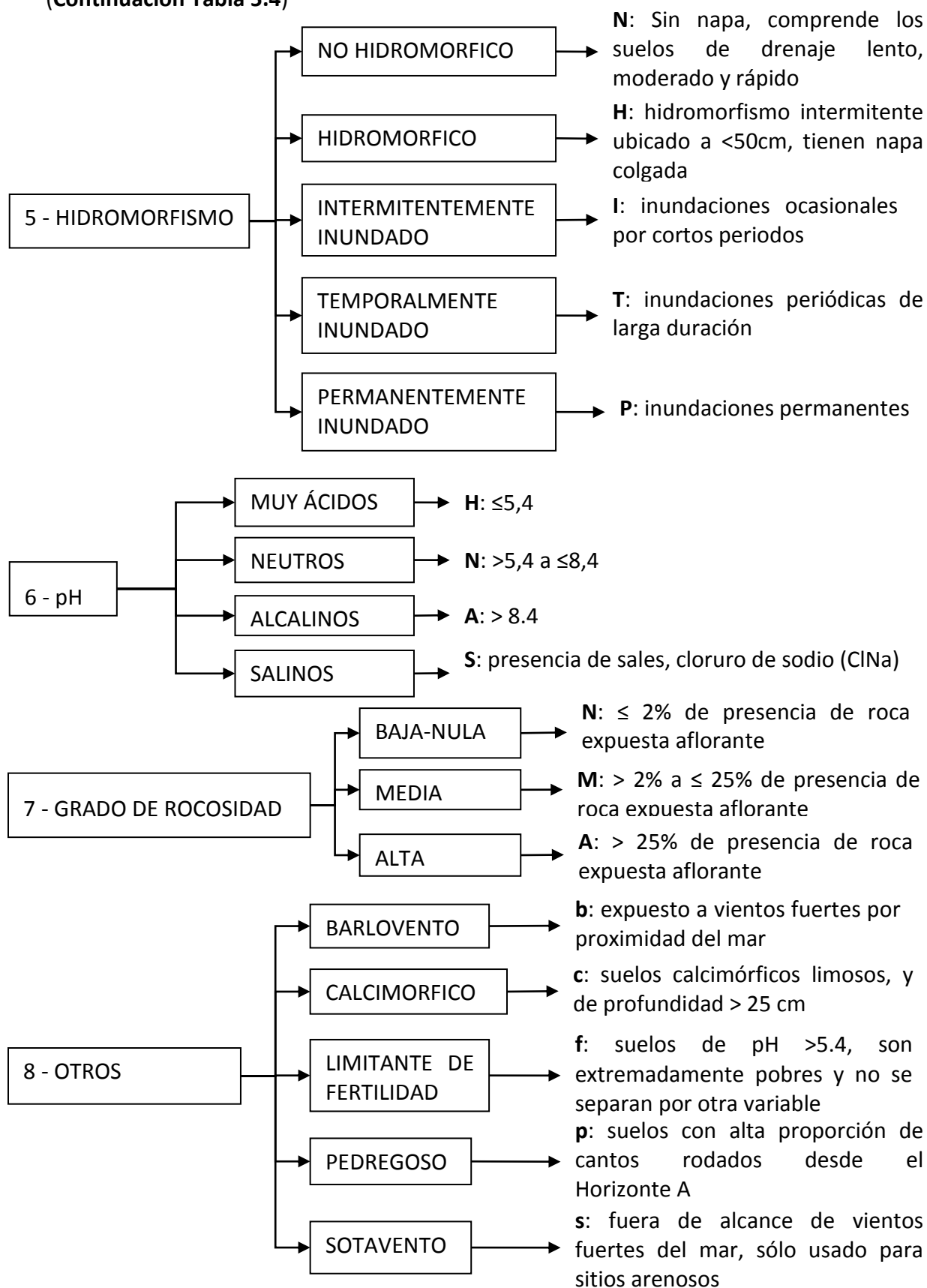
• Procedimiento

Para la delimitación de Eco-zonas (que se corresponden con las grandes unidades morfo-geo-estructurales) fueron agrupadas las unidades básicas (Sitios) tomando como esquema de regionalización edáfico/geomorfológico a los materiales parentales geológicos, en acuerdo con lo propuesto por Panario *et al.* (2011).

Tabla 5.4. Explicación de las abreviaturas usadas para la confección de la nomenclatura del sistema de clasificación a escala de Sitios.



(Continuación Tabla 5.4)



La elaboración de la eco-regionalización fue realizada mediante la integración de la cartografía de Eco-zonas de base edáfico/geomorfológico, con la cartografía de biozonas en soporte digital definidas en base a la distribución de la biota (**Figura 5.3**).

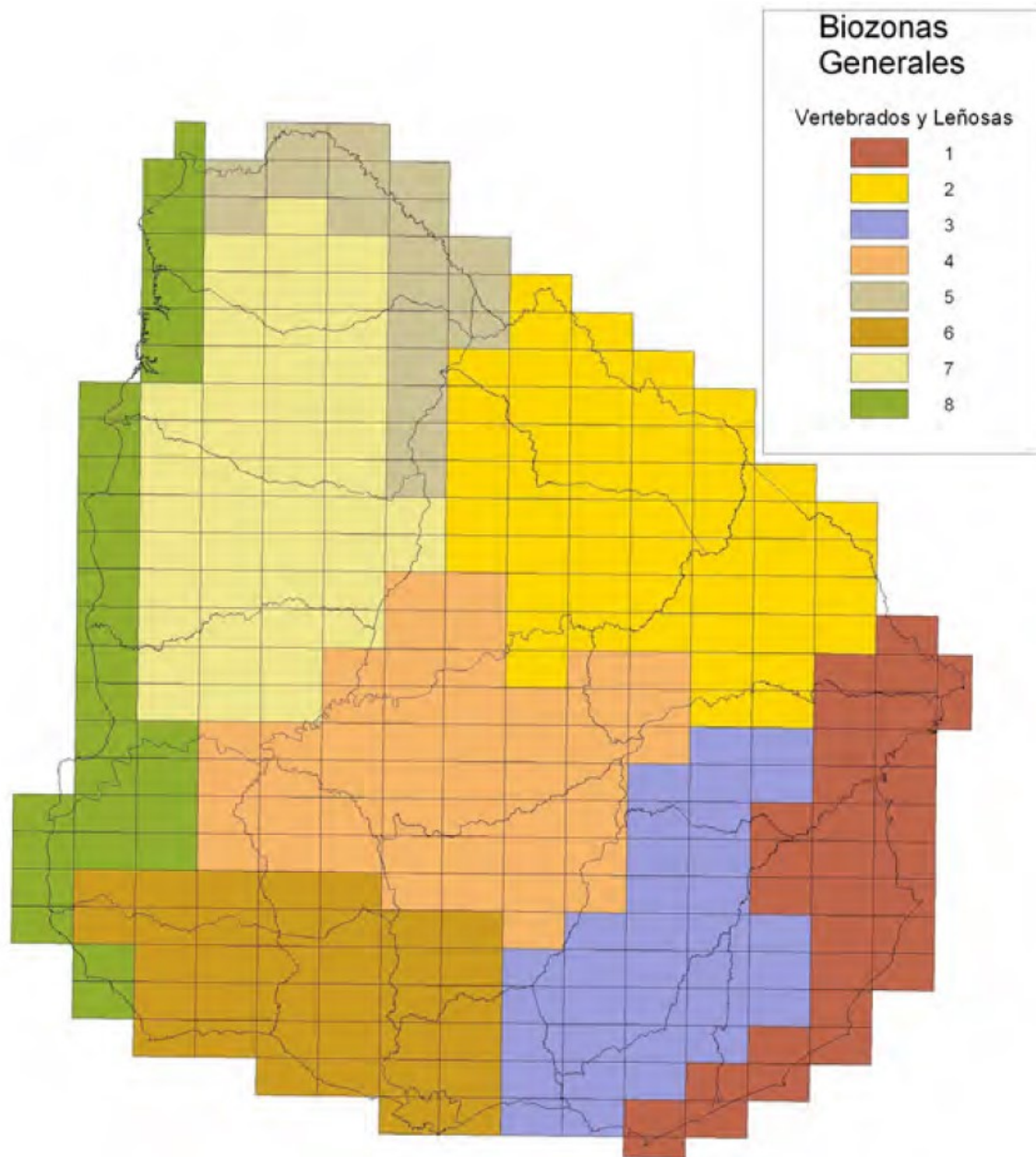


Figura 5.3. Mapa generalizado de Biozonas para la fauna (vertebrados) y flora (leñosa) de Uruguay a nivel de cuadrículas (Brazeiro *et al.*, 2015).

Para agrupar las Eco-zonas en Eco-regiones fue utilizada una base de datos generada y sistematizada en el marco del proyecto “Bases para la Planificación eco-regional de Uruguay” (Proyecto FC/Vida Silvestre/CIEDUR/Sociedad Zoológica-PPR(MGAP) donde se compiló y geo-referenció un total de 67.275 registros de distribución de especies (**Tabla 5.5**) analizados por expertos de cada uno de los grupos, que fueron obtenidos de diferentes fuentes: colecciones científicas y herbarios, artículos publicados, tesis y relevamientos de campo inéditos de los autores u otros investigadores confiables. Las colecciones nacionales relevadas fueron: Facultad de Ciencias (UR) y Museo Nacional de Historia Natural de Montevideo. Los herbarios nacionales relevados fueron: “Ing. Agr. Bernardo Rosengurtt” (Facultad de Agronomía, MVFA), “Prof. Atilio Lombardo” (Museo y Jardín Botánico, MVJB), Museo Nacional de Historia Natural de Montevideo (MVM) y Facultad de Ciencias (MVFHC). Compilándose además información de las siguientes colecciones extranjeras: United States National Museum Smithsonian Institution, Washington DC (USNM); Yale Peabody Museum of Natural History, Connecticut (YPMNH); Field Museum of Natural History, Chicago (FMNH); American Museum of Natural History, New York (AMNH); Cornell University Museum of Vertebrates, New York (CUMV); Museum of Comparative Zoology, Harvard (MCZ) y Kansas University Natural History Museum, Kansas (KUNHM). Todos los registros fueron geo-referenciados tomando como referencia la grilla de 302 cuadrículas (~66.000 ha c/u) del Plan Cartográfico Nacional (escala 1:50.000) del Servicio Geográfico Militar.

Tabla 5.5. Información sobre la diversidad de leñosas y vertebrados de Uruguay. Se brinda información de la riqueza total de especies del grupo, el número de registros disponible, el número de especies que pudo ser modelada y los especialistas responsables en cada caso (Proyecto “Bases para la Planificación eco-regional de Uruguay” (Proyecto FC/Vida Silvestre/CIEDUR/Sociedad Zoológica-PPR-MGAP, Brazeiro *et al.*, 2015).

| Grupo | Especialista | Total de Especies | Especies Modeladas | Registros |
|--------------|--|-------------------|--------------------|---------------|
| Leñosas | Federico Haretche | 302 | 300 | 8.752 |
| Peces | Marcelo Loureiro | 219 | 219 | 8.000 |
| Anfibios | Raúl Maneyro Alejandra Panzera | 48 | 48 | 21.108 |
| Reptiles | Santiago Carreira | 65 | 65 | 9.350 |
| Aves | Joaquín Aldabe J. Andrés Martínez-L | 453 | 347 | 8.606 |
| Mamíferos | Enrique González | 74 | 73 | 11,459 |
| Total | | 1.161 | 1.052 | 67.275 |

La regionalización biótica implicó la determinación de regiones con comunidades biológicas distintivas. Se consideraron seis grupos indicadores de biodiversidad para este análisis, plantas leñosas, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

5.7. CORREDORES DE CONSERVACIÓN

Para la generación de una propuesta Corredores de conservación en el marco de la Clasificación de Paisajes de Uruguay, se consideraron dos escalas espaciales de abordaje: (a) escala país, donde se establecieron los grandes conectores responsables del vínculo ecológico de Uruguay con la región que lo circunda; y (b) escala de Eco-región, donde se prioriza la posibilidad de penetración y movilidad de las especies que se encuentran en su límite de distribución, así como la conservación de las poblaciones existentes.

- **Procedimiento**

Para este análisis se generó una grilla de 177.708 celdas con una resolución de 1 km de lado. A cada celda se le asignó el valor (1) en el caso de ser seleccionado como conector y valor (0) de lo contrario.

El procedimiento comenzó con la incorporación a la red de todas aquellas celdas calificadas como de máxima prioridad por Brazeiro *et al.* (2012). Seguidamente fueron seleccionadas las celdas correspondientes a los conectores nacionales, de acuerdo a las siguientes especificaciones:

(a) Valle del Río Uruguay: Fueron seleccionadas las celdas de la costa del río Uruguay (1 a 2 km), incorporadas sus planicies de inundación, las márgenes y los propios lagos de la represa sobre él ubicada.

(b) Valle del Río Negro: Fueron seleccionadas las celdas de ambas márgenes del Río Negro, incorporadas sus planicies de inundación, las márgenes y los propios lagos de las represas sobre él ubicadas.

(c) Costa Platense-Atlántica: Fueron seleccionadas las celdas de las zona costera (1 a 2 km) de la margen del Río de la Plata, la costa atlántica y las lagunas costeras por razones de representación cartográfica. En los hechos, salvo situaciones puntuales como la zona de Cabo Polonio – La Pedrera, en casi todo el resto de la zona costera, sólo funciona como conector la playa, y la duna primaria (también denominado cordón dunar primario) cuando esta conservada. No obstante la reducción espacial que ha tenido por el avance de forestación, urbanización e infraestructura sigue siendo de fundamental importancia para muchas especies, en especial aves migratorias.

(d) Sierras del Este: Los fragmentos de bosque y matorral serrano constituyen los ambientes claves para la conectividad en esta eco-región. Por lo tanto, fueron

seleccionadas las celdas de las áreas arbustivas y arbóreas de las Sierras del Este. A su vez se seleccionaron las celdas de la eco-región de Sierra del Este, que permitieran dar conectividad a estas áreas identificadas.

Posteriormente se incorporaron los conectores a escala de Eco-región. Se realizó la selección de las celdas correspondientes a los sitios Ramsar (Humedales del Este y de la Laguna de Rocha en el Graben de Laguna Merín, Humedales de Farrapos y de Villa Soriano, en la Cuenca Sedimentaria del Oeste, y Humedales del Santa Lucía (Graben del Santa Lucía). Para cada una de las eco-regiones fueron incorporadas a la red las lagunas y embalses de agua superficial mayores a 1.500 hectáreas. A su vez, se completó la construcción de la red de conectores según las particularidades de cada caso. En el Graben del Santa Lucía fueron seleccionadas por la variable textura de rango arenosa, incorporando al análisis las planicies de inundación del Río Santa Lucía y San José. En la Cuesta Basáltica fueron seleccionadas celdas de las praderas representativas de la Eco-región, correspondientes a variable profundidad de rango superficial y profunda de la eco-región, considerando la integración de áreas de basalto superficial y profundo (Baeza *et al.*, 2011). En la Eco-región Graben de la Laguna Merín fueron seleccionadas las celdas de la costa de la Laguna Merín (*buffer* entre 1 y 2 km). En la Cuenca sedimentaria gondwánica fueron seleccionadas las celdas de las planicies de inundación del Río Tacuarembó y sus principales afluentes, de forma de dar continuidad a las áreas ya seleccionadas en los primeros procesos. En el Escudo cristalino fueron seleccionadas las celdas de praderas representativas de la Eco-región, considerando la integración de los principales pastizales representativos según variable textura de rango livianas y medias del basamento cristalino (Baeza *et al.*, 2011). En la Cuenca sedimentaria del Oeste fueron seleccionadas las celdas de las planicies de inundación de los principales afluentes del Río Uruguay que la atraviesan, los que a su vez conectan con Cuesta basáltica. Finalmente, fueron eliminadas todas las áreas que como resultado de los criterios anteriores generaran parches aislados menores a 1.500 hectáreas.

Los conectores eco-regionales se agrupan en las siguientes clases: (a) Lagunas y embalses, (b) Valle del Río Uruguay, (c) Valle del Río Negro, (d) Áreas protegidas, (e) Bosques Naturales y Humedales, (f) Pastizales y (g) Costa Platense-Atlántica.

5.8. RANGOS GENERADOS A PARTIR DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA

Para las provincias, a los efectos de inscribir el país en el contexto regional, se utilizó la información climática, utilizando los índices de Köppen-Geiger (Peel *et al.*, 2007) y al interior de esta Provincia, la caracterización biogeográfica de Soriano *et al.* (1992).

CAPÍTULO 6.

RESULTADOS



INTRODUCCIÓN

Este capítulo sintetiza los principales resultados de la construcción de variables para la realización de una Clasificación de Paisajes jerárquica y anidada de Uruguay.

Se presentan cartografías de todas las variables elegidas para definir el Sitio y el Distrito.

A partir de la historia geológico-geomorfológica se discriminan Eco-zonas que son unidades morfo-geo-estructurales. Sobre esa base y en función de los registros de fauna y flora se establece una generalización cuya cartografía sintetiza las Eco-regiones para Uruguay.

Finalmente se establecen los criterios para determinar los principales corredores ecológicos y su distribución espacial.

Capítulo 6.1

Primeros resultados: Expresión territorial
de las variables de origen edáfico y
morfogenético

6.1. PRIMEROS RESULTADOS. EXPRESIÓN TERRITORIAL DE LAS VARIABLES DE ORIGEN EDÁFICO Y MORFOGENÉTICO

6.1.1. VARIABLE- PROFUNDIDAD

Se refiere a la profundidad útil del suelo. Los límites de los rangos de Profundidad se establecen en: **Superficial** igual o menor de 25cm; **Media** mayor a 25cm a igual o menor a 80cm; **Profunda** mayor a 80cm (Tabla 6.1, Figura 6.1).

Del análisis se deduce que el 80% ⁵ de la superficie del país, presentan mayoritariamente en su composición suelos cuya variable profundidad, indica que los mismos son entre medios y profundos, lo cual explica el actual desarrollo explosivo de distintos tipos de cultivos (forestales, forrajeros y oleaginosos) y el riesgo que de mantenerse las tendencias implica para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

A su vez, la vegetación potencial de praderas para los mismos, bajo las condiciones climáticas prevalecientes, es de pastos altos y medios, lo que coincide con la observación de los primeros naturalistas que visitaron el país, como por ejemplo Darwin en el año 1833.

Los suelos superficiales, están ubicados mayoritariamente al noroeste del país, ubicados en la zona ocupada por derrames basálticos de edad cretácica.

Tabla 6.1. Distribución de rangos de Profundidad del suelo a nivel del territorio uruguayo.

| Rangos de profundidad | Profundidad del suelo | Clave | Número de polígonos | Área (ha) | % |
|-----------------------|-----------------------|-------|---------------------|-----------|------|
| Superficial | <= 25 cm | S | 8.577 | 3.331.829 | 19,1 |
| Media | >25 a <= 80cm | M | 7.016 | 5.296.874 | 30,4 |
| Profundo | >80 cm | P | 18.015 | 8.815.897 | 50,5 |

^{5/} Se debe recordar que cada uno de los polígonos usados para la presente investigación, en muchas ocasiones, no son sitios puros, sino complejos de sitios, y por tanto la característica relevada, puede no contemplarlo en su totalidad, sin embargo, tiene una incidencia tal, que permite caracterizarlo.

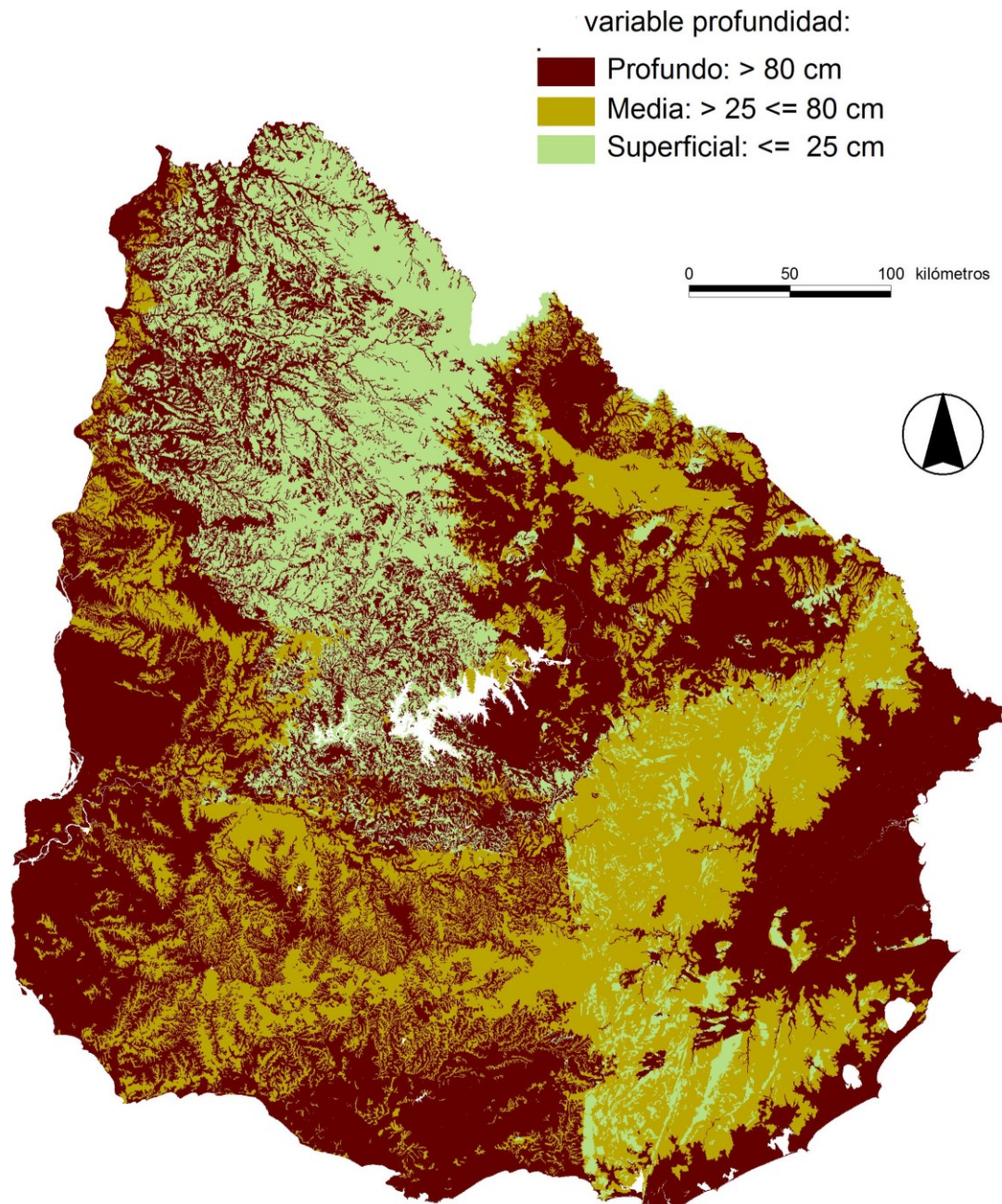


Figura 6.1. Distribución espacial para Uruguay de los rangos de Profundidad del suelo.

6.1.2. VARIABLE - TEXTURA

La textura indica la proporción en el horizonte superficial (denominado A) de partículas de arcilla, limo y arena, resultando según quien predomine en texturas **Pesada**, **Media** o **Liviana** respectivamente (**Tabla 6.2**, **Figura 6.2**).

Del análisis se deduce que el 70% de la distribución de la variable textura, se corresponde con texturas medias a pesadas, a las cuales se asocia, una alta fertilidad de los suelos, mayoritariamente con porcentajes de materia orgánica superiores al 2%. Este límite está por encima del que se establece para la caracterización de los suelos como Molisoles, en la clasificación de suelos de la USDA (Soil Survey Staff, 2010).

Tabla 6.2. Distribución de rangos de Textura del suelo a nivel del territorio uruguayo.

| Rangos de textura | Agrupamiento de las clases texturales | Clave | Número de polígonos | Área (ha) | % |
|-------------------|--|-------|---------------------|-----------|------|
| Liviana | Ar (arenoso), ArF (arenoso franco), FAr (franco arenoso) | S | 7.483 | 5.177.340 | 29,7 |
| Media | FACAr (franco arcillo arenoso), Fr (franco), FL (franco limoso), FAc (franco arcilloso), FAcl (franco arcillo limoso), | M | 15.973 | 8.171.985 | 46,8 |
| Pesada | AcAr (arcillo arenoso), AcL (arcillo limoso), Ac (arcilloso) | P | 10.152 | 4.095.275 | 23,5 |

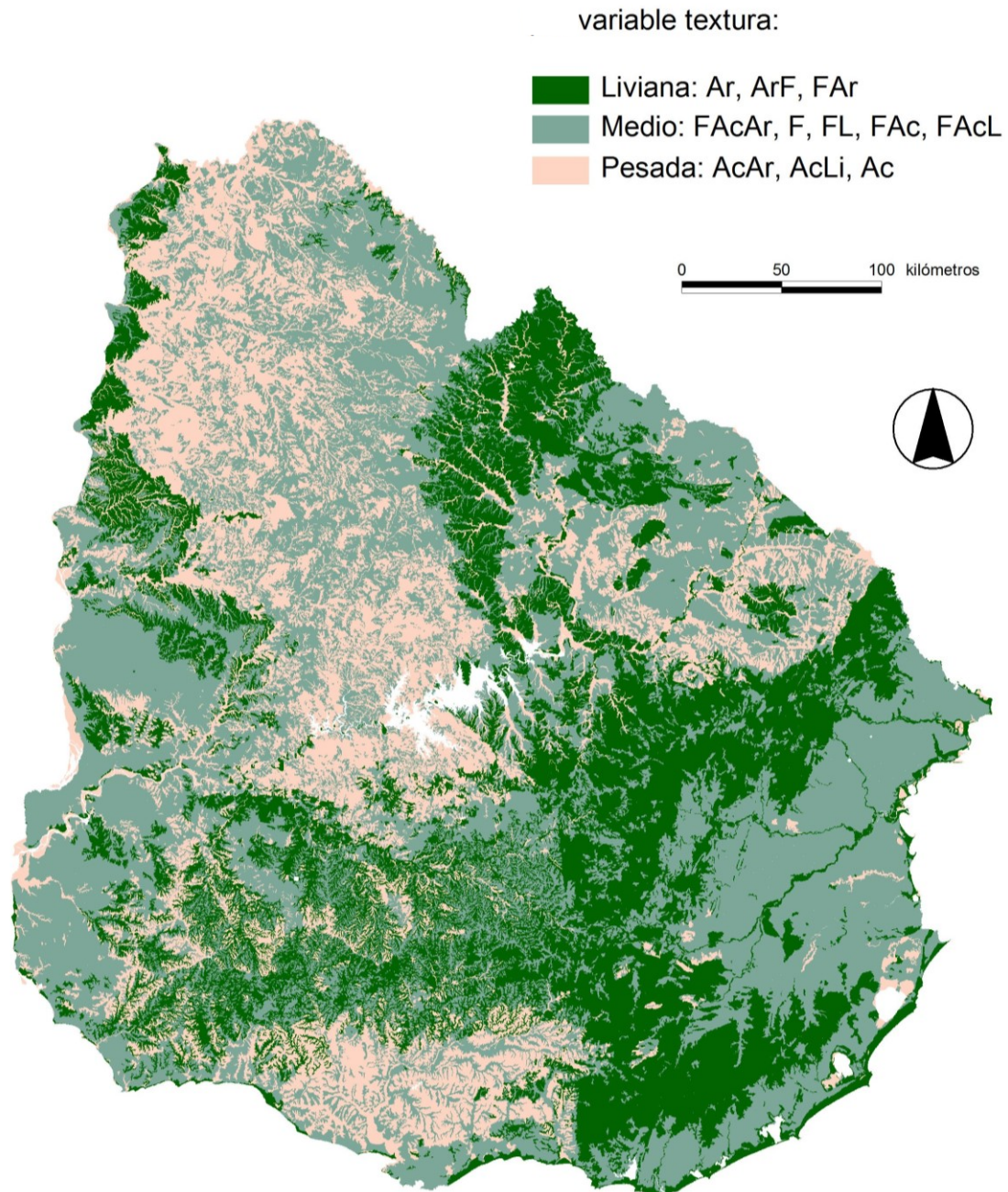


Figura 6.2. Distribución espacial para Uruguay de los rangos de Textura del suelo.

- **Rangos mixtos de profundidad-textura**

La agrupación combinada en categorías de profundidad y textura (**Tabla 6.3, Figura 6.3**), genera nueve clases, las que en algunos casos bastan para determinar las propiedades necesarias para algunas distribuciones de especies, principalmente vegetales).

Tabla 6.3. Distribución de la variable compuesta Profundidad-Textura, considerada a partir de la profundidad útil del suelo.

| Profundidad y textura | Clave | Cantidad de polígonos a | Área (ha) | % |
|-----------------------|-------|-------------------------|-----------|------|
| Superficial – Liviano | SL | 2.099 | 611.584 | 3,5 |
| Superficial – Medio | SM | 4.033 | 2.087.606 | 12,0 |
| Superficial – Pesado | SP | 2.445 | 632.639 | 3,6 |
| Media – Liviano | ML | 3.378 | 3.249.617 | 18,6 |
| Media - Medio | MM | 3.363 | 1.894.053 | 10,9 |
| Media - Pesado | MP | 275 | 153.204 | 0,9 |
| Profunda - Liviano | PL | 2.006 | 1.316.139 | 7,5 |
| Profunda - Medio | PM | 8.577 | 4.190.326 | 24,0 |
| Profunda - Pesado | PP | 7.432 | 3.309.432 | 19,0 |

Los suelos medios y pesados profundos representan el 42%, donde se radica actualmente la mayor parte de la agricultura de cereales de oleaginosos, habiéndose prácticamente alcanzado la frontera agrícola sobre los mismos. En tanto, en los suelos de profundidad media y profundos de texturas livianas (26%) vienen siendo progresivamente ocupados por monocultivos de especies exóticas de rápido crecimiento como eucaliptos y pinos, con la consecuente disminución de biodiversidad y servicios ecosistémicos fundamentales como la recarga de acuíferos y el aprovisionamiento de agua a las cuencas hidrográficas (Céspedes-Payret *et al.*, 2009).

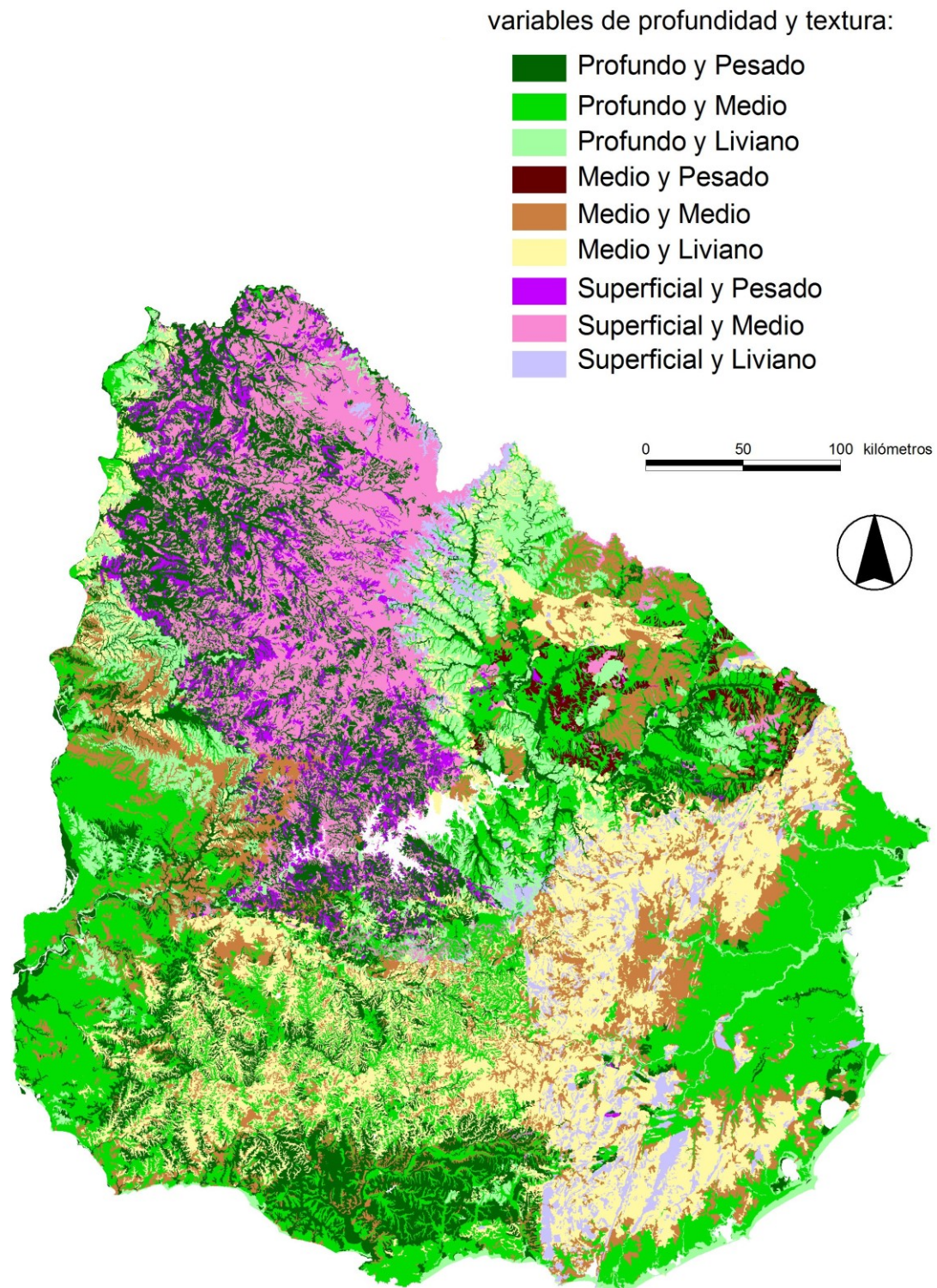


Figura 6.3. Distribución espacial para Uruguay de rangos combinados de Profundidad-Textura del suelo.

6.1.3. VARIABLE – DRENAJE

Se refiere a las distintas características que tiene un suelo respecto al tiempo de residencia del agua de lluvia en su perfil luego de una precipitación, se divide en 5 rangos (Tabla 6.4, Figura 6.4).

Tabla 6.4. Distribución de tipos de Drenaje del suelo a nivel del territorio uruguayo.

| Rangos de drenaje | Descripción | Clave | Número de polígonos | Área (ha) | % |
|-------------------|--|-------|---------------------|-----------|------|
| Excesivo | Drenaje interno muy rápido | E | 1.138 | 503.814 | 2,9 |
| Rápido | Bueno, bueno-moderado | R | 10.306 | 6.418.421 | 36,8 |
| Moderado | Moderado | M | 10.572 | 5.134.904 | 29,4 |
| Lento | Muy pobre, pobre, pobre-moderado | L | 11.459 | 5.286.517 | 30,3 |
| Nulo | Presencia de agua en forma permanente hasta la superficie o proximidades todo el año | N | 148 | 100.947 | 0,6 |

La determinación de las clases de drenaje: **nulo**, **lento**, **moderado**, **rápido** y **excesivo**, se establece a partir de un criterio que combina el color del perfil del suelo y el grado de la pendiente del terreno:

- i) Pendientes superiores a 10%: el drenaje es *rápido*, independientemente del color del perfil.
- ii) Pendientes iguales o inferiores a 10%: el color define la clase de drenaje de acuerdo a las siguientes pautas:

Drenaje excesivo: Son suelos arenosos, con colores rojos intensos, muy porosos y de permeabilidad muy rápida, con poca diferenciación de horizontes o con espesores de horizonte A de un metro o más, o arenas eólicas edafizadas o no.

Drenaje rápido: Son suelos de colores rojizos o amarillentos, donde el agua desaparece del suelo rápidamente. También son de drenaje rápido con independencia de su color, aquellos que presentan una pendiente superior a 10%, con excepción de los ubicados en zonas cóncavas del paisaje. Algunos de estos suelos son muy superficiales y de pendientes fuertes.

Drenaje moderado: Son suelos de colores pardo rojizos, pardo anaranjados, amarillos o pardos, no presentan moteados ni concreciones brillantes de hierro y manganeso. Presentan buena aireación. Los suelos de esta clase son por lo general de texturas medias o algo livianas, con un Bt (horizonte B textural) poco desarrollado o ausencia del mismo. El agua desaparece del suelo fácilmente, pero no tan rápido como para afectar su disponibilidad para las plantas. Pendientes moderadas a fuertes.

Drenaje lento: Son suelos de colores oscuros (negro o pardo) con alguna evidencia de hidromorfismo (ocasionalmente tonalidades agrisadas, moteados y/o presencia de concreciones brillantes de hierro y manganeso). Estos suelos tienen una permeabilidad lenta debido a la presencia de un horizonte Bt o la presencia de texturas pesadas en todo el perfil. El agua desaparece del suelo algo lentamente de manera que el perfil está saturado por períodos cortos, pero significativos. Las pendientes son suaves o moderadas.

Drenaje nulo: Son suelos permanentemente anegados, eventualmente con acumulación de turba en superficie y colores negro, neutro o gris en su matriz mineral, las pendientes son extremadamente suaves, con excepción hecha de pequeñas superficies inclinadas coincidentes con afloramiento de napas, se caracterizan por presentar horizonte *gleyco* y comúnmente horizonte *hístico* (turba). Se corresponden con Gleysoles e Histosoles.

Horizontes diagnósticos de mal drenaje:

* *Horizonte gleyco:* Indica condiciones de hidromorfismo pronunciado debido a la saturación con agua durante un período prolongado del año. Esto se refleja en colores de matriz próximos al neutro, que pueden estar acompañados por moteados prominentes o tonalidades azuladas o verdosas. Debe cumplir con uno de los siguientes requisitos de color (Munsell Soil Color Chart, 1994):

- Para hue de 10YR debe tener chroma = 1 y value \geq 5.
- Para hue de 2,5Y debe tener chroma \leq 2 y value \geq 5.
- Para hue de 5Y o más, azules o verdes debe tener: chroma \leq 3 y value \geq 3,5.
- Para colores neutros (N/0), value de \geq 4.
- Si existen motas por lo menos comunes (más de 20%) de hue 5, 6Y, 5G, 5BG o 5B, se admiten colores de matriz con hue 10YR, N2, 5Y o 5Y cualquiera sea el value o el chroma.

* *Horizonte hístico:* Es un horizonte turboso (muy rico en materia orgánica, parcialmente descompuesta en condiciones de exceso de humedad), saturado al menos en alguna época del año, a no ser que el suelo haya sido artificialmente drenado. Debe cumplir algunas de estas características:

- Sí el horizonte tiene 30% o más de arcilla, el contenido de materia orgánica debe ser > de 30% (17,4% carbono orgánico).
- Si el horizonte no tiene arcillas, el contenido de materia orgánica debe ser > de 20% (11,6 de carbono orgánico).
- Para texturas intermedias el contenido de materia orgánica debe ser proporcional al contenido de arcilla.

* *Sin horizonte gleyco ni hístico*: Carecen de los horizontes definidos previamente, pero muestran evidencias claras de hidromorfismo, tales como:

- Moteados comunes o abundantes, exceptuando los de colores *gley* o heredados del material madre, o
- Colores de matriz comprendido entre los siguientes límites:
 - Hue 10YR 3,5 < value < 5 chroma = 1
 - Hue 2.5 Y < 3 value < 4 Y chroma = 2 Hue 5 Y value = 3 Y chroma 3 a 1
 - Hue N value 3

Sólo el 0,6% del territorio presenta como característica drenaje nulo (**Tabla 6.4**), lo cual se corresponde a las zonas de humedales del país mayoritariamente incluidos bajo alguna categoría de protección: Convención de Ramsar, Reserva de la Biósfera, Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). En tanto, para el resto de la distribución de la variable, en proporción a su superficie, existen muy pocas áreas incluidas o propuestas para ser incorporadas al SNAP.

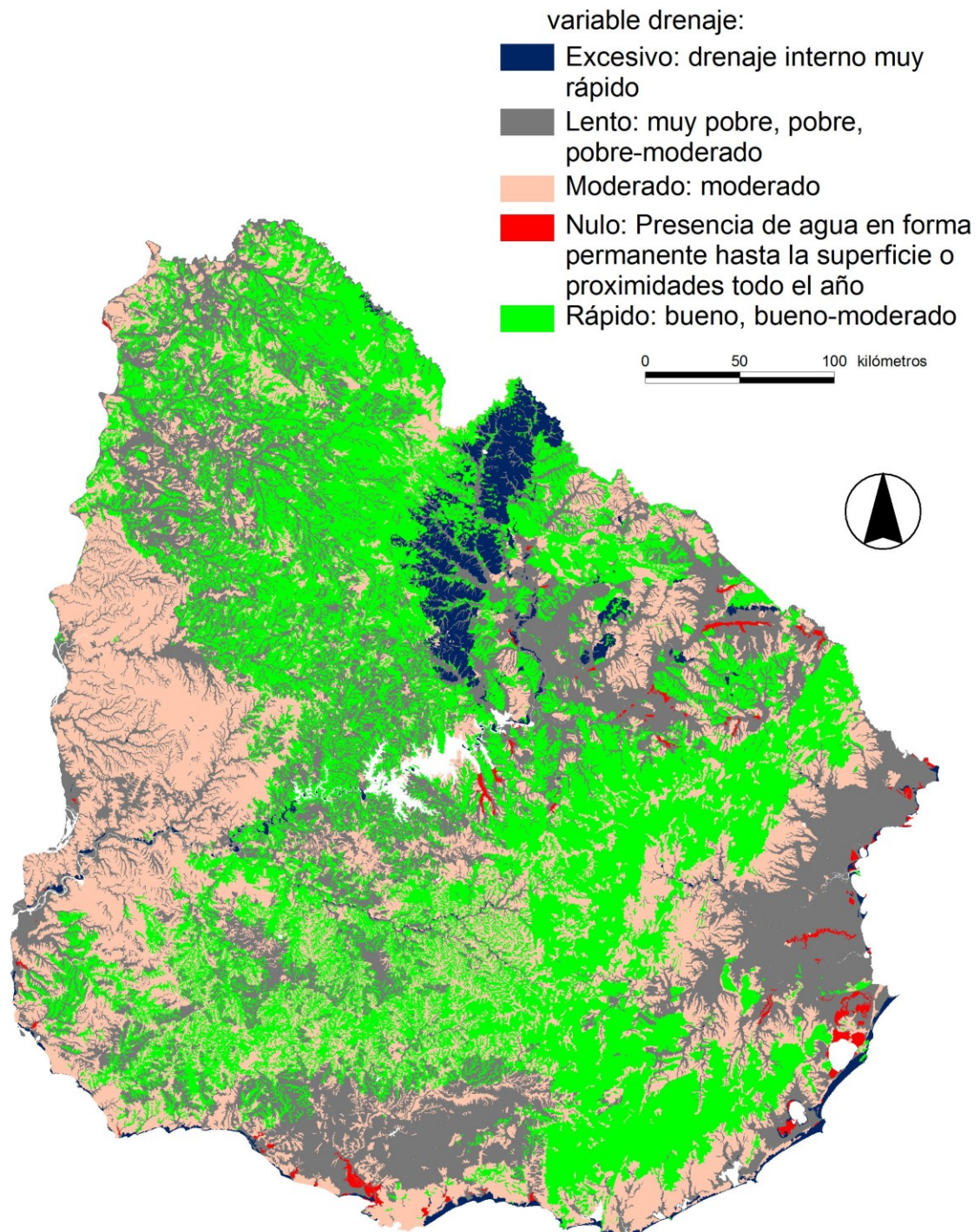


Figura 6.4. Distribución espacial para Uruguay de los rangos de Drenaje del suelo.

6.1.4. VARIABLE – HIDROMORFISMO

El grado de hidromorfismo se refiere a las señales que en forma de coloraciones se expresan en el perfil del suelo, por condiciones de reducción temporal o permanente. La agrupación general en categorías de hidromorfismo de acuerdo a este factor, describe la acumulación de agua gravitacional en el medio edáfico, ocupando los poros entre las partículas texturales y las agrupaciones estructurales, permitiendo inferir los tiempos de inundación o anegamiento.

El hidromorfismo fue categorizado en cinco grupos principales (**Tabla 6.5, Figura 6.5**) que van desde el permanentemente inundado que implica que está sumergido y con agua por encima de la superficie todo o casi todo el año, al no hidromórfico:

No hidromórfico: No presenta síntomas de hidromorfismo.

Hidromórfico: Sin inundación o con inundación accidental. El hidromorfismo, implica que no posee napa freática permanente, pero que presenta moteados, horizonte álbico (E o A2, napa colgada) u otros signos de hidromorfismo, a profundidades menores a 50 cm:

Intermitentemente inundado: Presenta síntomas de hidromorfismo de cualquier tipo, incluyendo horizonte *gleyco*, pero sólo se inunda ocasionalmente por lluvias intensas.

Temporalmente inundado Presenta napa freática fluctuante a menos de 80 cm de profundidad y horizonte *Gley*.

Permanentemente inundado: Presenta napa de agua hasta la superficie, aunque puede presentar fluctuaciones estacionales.

Tabla 6.5. Distribución de los grados de Hidromorfismo del suelo a nivel del territorio uruguayo.

| Rangos de hidromorfismo | Descripción | Clave | Número de polígonos | Área (ha) | % |
|----------------------------|--|-------|---------------------|------------|------|
| No hidromórfico | Sin napa, comprende los suelos de drenaje lento, moderado y rápido | N | 25.434 | 12.708.790 | 72,9 |
| Hidromórfico | Comprende suelos con hidromorfismo intermitente ubicado a <50cm, tienen napa colgada | H | 4.399 | 2.588.865 | 14,8 |
| Intermitentemente inundado | Con inundaciones ocasionales por cortos periodos | I | 2.896 | 1.533.855 | 8,8 |
| Temporalmente inundado | Con inundaciones periódicas de larga duración | T | 746 | 512.144 | 2,9 |
| Permanentemente inundado | Inundaciones permanentes, generalmente con presencia de horizonte <i>hístico</i> | P | 148 | 100.947 | 0,6 |

A pesar de las altas precipitaciones de la región (1.200 mm anual), la distribución de la variable hidromorfismo, se corresponde en el 73% con no hidromórfico.

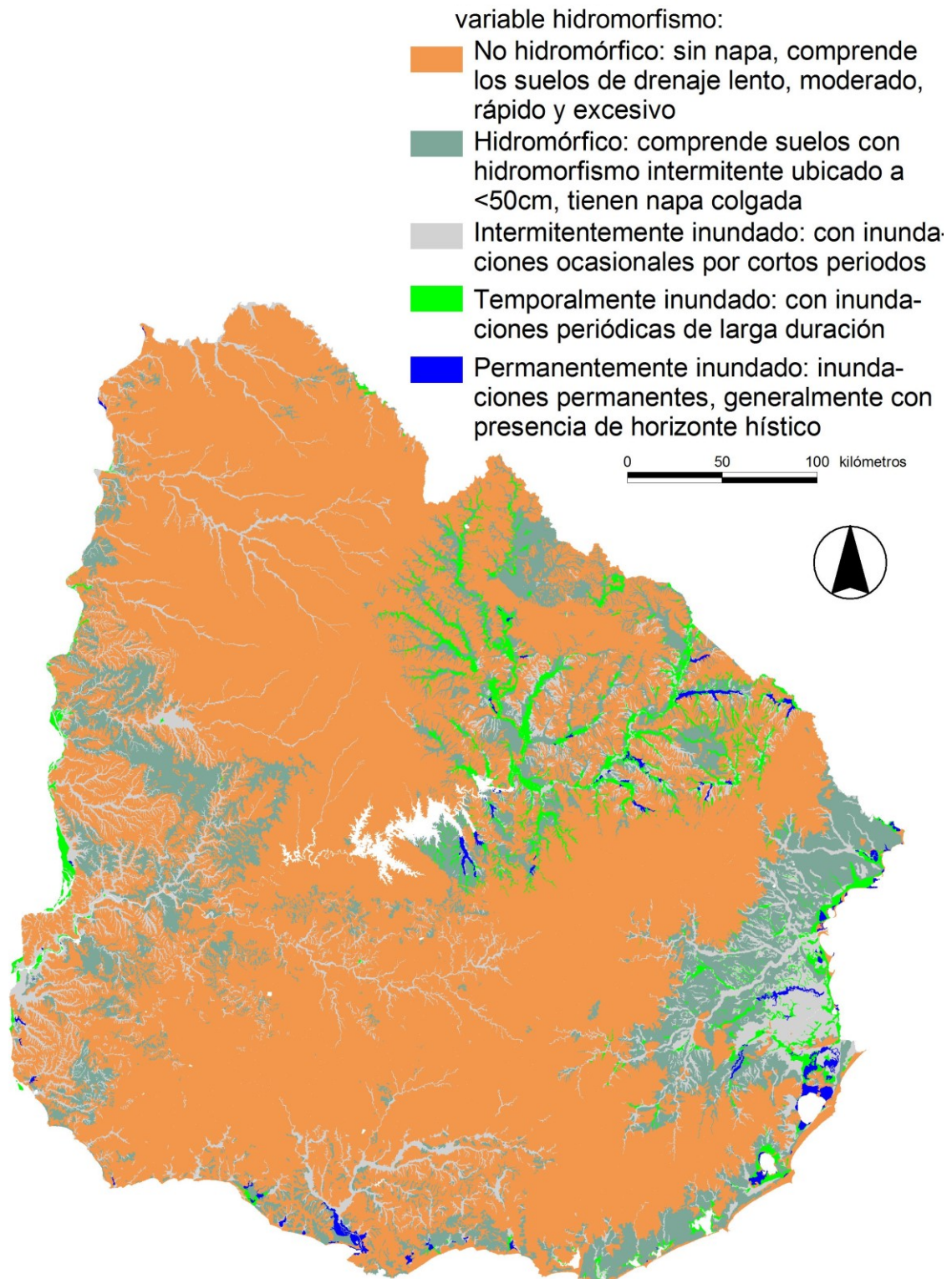


Figura 6.5. Distribución espacial para Uruguay de los rangos de Hidromorfismo del suelo.

6.1.5. VARIABLE – PH O SALINIDAD

Esta variable refiere a la alcalinidad o a la acidez medida como pH del suelo y fueron establecidos tres rangos.

Tabla 6.6. Distribución de suelos por rangos de pH o Salinidad a nivel del territorio uruguayo.

| Rangos de pH/salinidad | Términos de reacción | Clave | Número de polígonos | Área (ha) | % |
|------------------------|--------------------------|-------|---------------------|------------|------|
| Muy ácido | pH ≤5,4 | H | 3.224 | 1.398.366 | 8,0 |
| Neutros | pH >5,4 a ≤8,4 | N | 28.599 | 15.297.718 | 87,7 |
| Alcalinos | > 8,4 | A | 1722 | 718.088 | 4,1 |
| Salinos | Presencia de sales: ClNa | S | 78 | 30.429 | 0,2 |

Para el desarrollo de muchas especies vegetales, son una limitante severa los suelos con pH iguales o menores a 5,4 (8%) o mayores a 8,4 (4,1) (**Tabla 6.6, Figura 6.6**).

Fueron considerados (cuando correspondía), el grado de salinidad del suelo de acuerdo al contenido de sales del mismo, medido como la conductividad eléctrica (CE) en el extracto de saturación (CE= mmhos/cm). Se denominan salinos a aquellos suelos con presencia de cloruro de sodio (ClNa), que se presentan en zonas que reciben o han recibido agua salada de mareas o marejadas y por tanto se vinculan a desembocaduras fluviales o a lagunas costeras.

Se consideran suelos con limitaciones por sodio, a aquellos que presentan un porcentaje de saturación en sodio intercambiable en el Complejo de Intercambio Catiónico mayor a 15% en algún horizonte, lo que se asocia a pH mayor o igual a 8,4.

Como puede observarse en la **Tabla 6.6**, la mayoría de los suelos del país se encuentran en el rango de moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos, denominados en la presente clasificación como Neutros (87,7%), en tanto los Muy Ácidos se restringen a suelos arenosos del Norte del país y algunos en zonas de Sierras del Este situados sobre paleosuperficies antiguas (8%). Los suelos Alcalinos (4,1%) se distribuyen mayoritariamente en zonas bajas o concavidades de zonas recubiertas por *loess* del Cuaternario (Panario y Gutiérrez, 1999). Los suelos salinos se vinculan exclusivamente a las actuales planicies de marea de los estuarios o sub-estuarios del Río de la Plata, o a antiguas planicies de marea de los máximos marinos holocénicos (0,2%). En estas planicies suelen aparecer suelos extremadamente ácidos, pero su pequeña dimensión impide su representación a esta escala de trabajo (1:50.000),

aunque su acidez es tal que casi no existe vegetación por los tenores de sulfatos ácidos presentes. Si bien la superficie de suelos alcalinos y salinos es pequeña, resulta importante por la presencia de especies que solamente están presentes en estos ambientes y que son mayoritariamente relictuales de condiciones más áridas acaecidas durante el Holoceno.

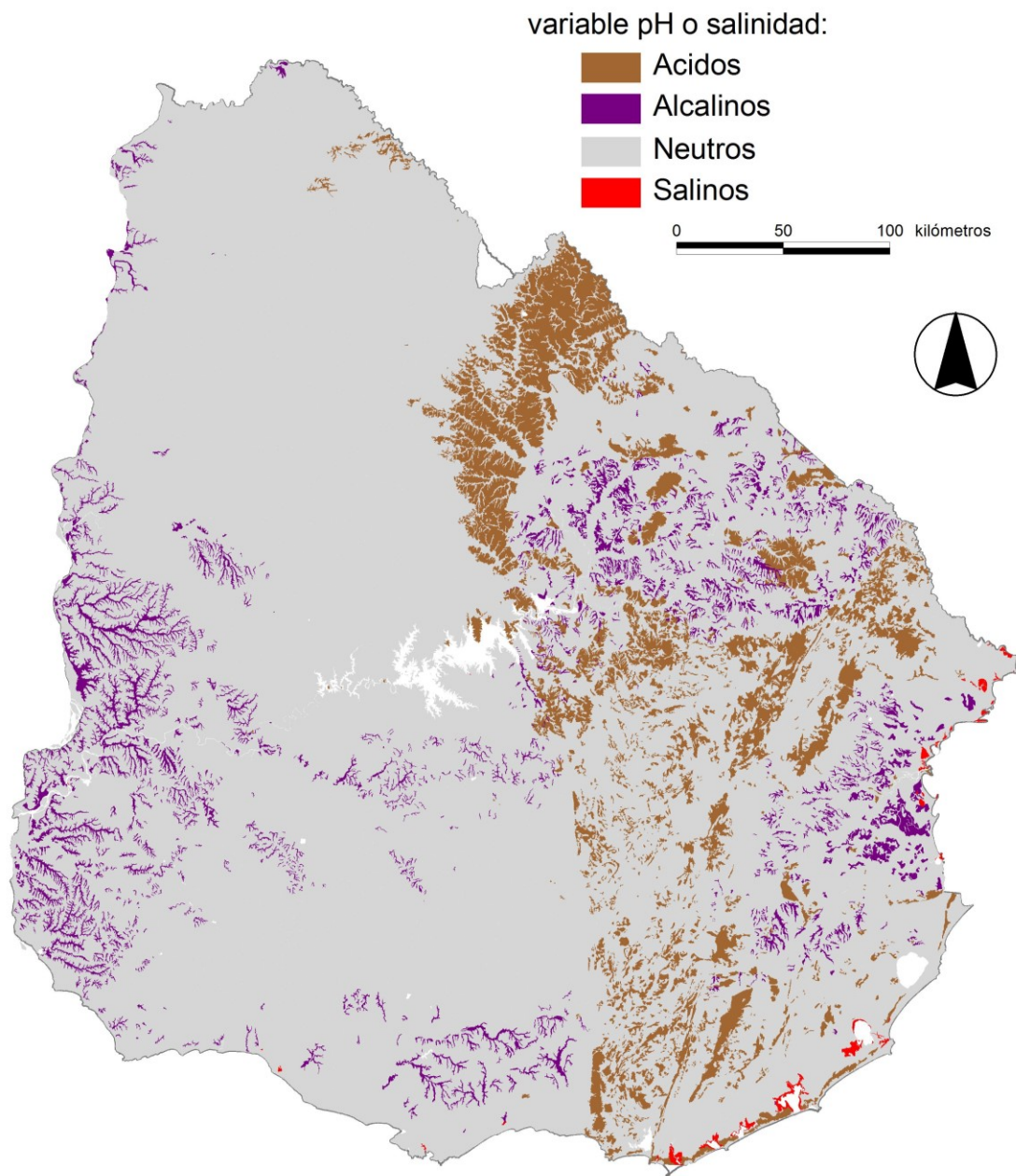


Figura 6.6. Distribución espacial para Uruguay de los rangos de pH o Salinidad del suelo.

6.1.6. VARIABLE – ROCOSIDAD

Se establecen tres clases de rocosidad de acuerdo al porcentaje de área ocupada por piedras mayores a 10 cm de diámetro, ubicadas sobre el suelo.

Tabla 6.7. Distribución de suelos por rangos de rocosidad a nivel del territorio uruguayo.

| Rangos de rocosidad | Presencia de rocosidad | Clave | Número de polígonos | Área (ha) | % |
|---------------------|------------------------|-------|---------------------|-----------|------|
| Baja - Nula | ≤ 2% | N | 15.000 | 8.507.202 | 48,8 |
| Media | > 2% a ≤ 25% | M | 14.520 | 6.924.371 | 39,7 |
| Alta | > 25% | A | 4.088 | 2013028 | 11,5 |

La distribución de la variable Rocosidad, implica que el 51,2% de los sitios, tiene rocosidad media o alta (**Tabla 6.7, Figura 6.7**), la que generalmente se asocia a zonas quebradas (Distritos Serranos y Ondulados) o a laderas bajas en zonas de disección de paisajes suaves (Distrito Plano).

A estos afloramientos de rocas se asocia vegetación arbórea de parque o pradera arbolada y algunos bosques de zonas serranas. La excepción la constituyen las superficies y quebradas de la Eco-zona Cuesta Basáltica (ver ítem: “*Unidades morfo-geo-estructurales - Eco-zona*”, pág. 151), quizás debido a un menor diaclasamiento de estas rocas, que por su característica de efusivas no han sufrido la descompresión característica de rocas intrusivas o metamórficas.

En general a la presencia de rocosidad puede asociarse la existencia de una biota, tanto vegetal en la forma de musgos y líquenes u especies umbrófilas, como de animales tales como ciertos arácnidos, insectos o herpetofauna entre otros.

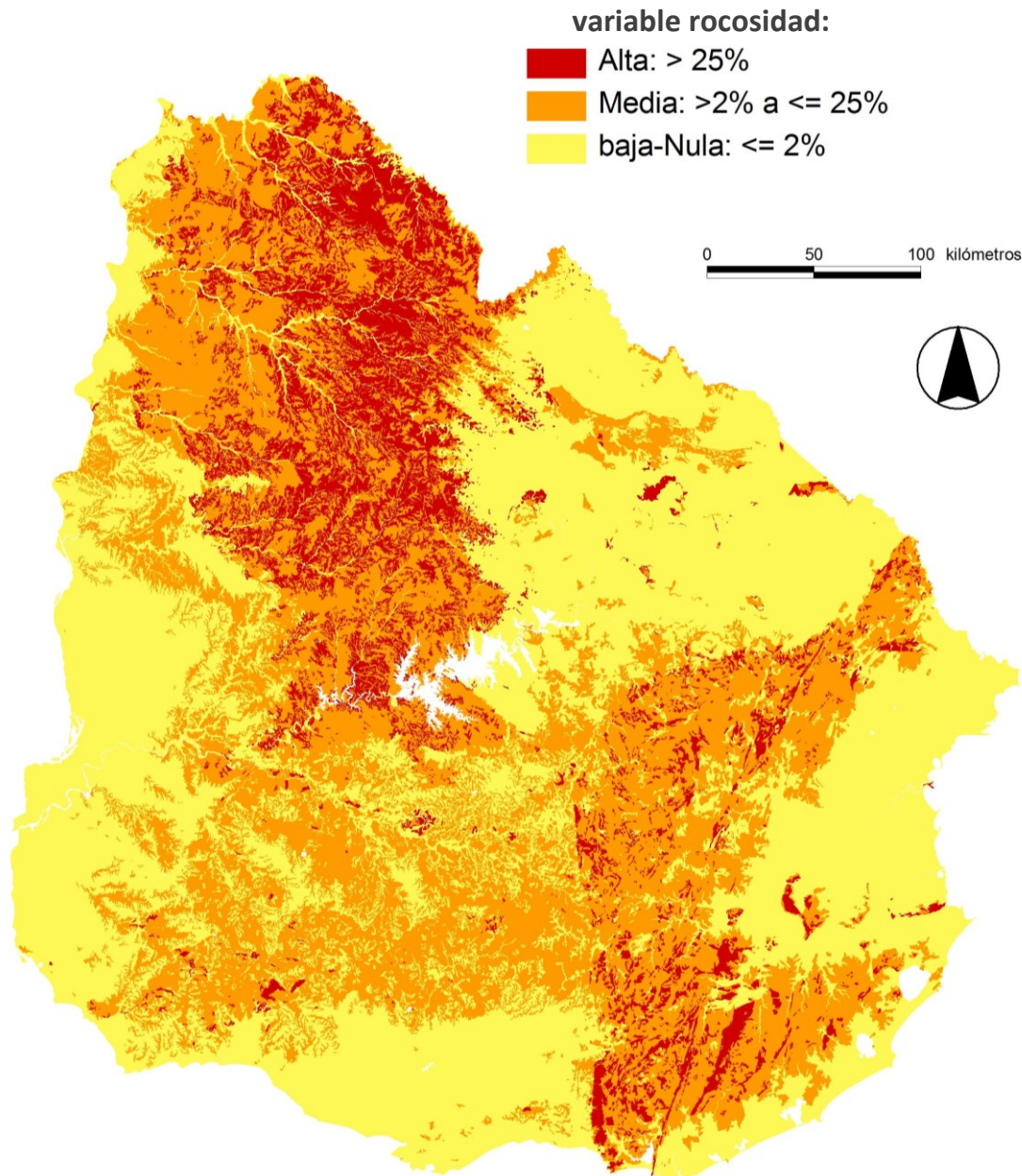


Figura 6.7. Distribución espacial para Uruguay de rangos de Rocosidad del suelo.

6.1.7. VARIABLE - OPCIONAL

Este resultado refiere a otras características del suelo o el ambiente que influyen en la definición de un Sitio. En el sistema propuesto, en caso de ser necesario para poder caracterizar adecuadamente un sitio, entre los múltiples factores que se han incorporado, esta variable se mantiene abierta y se pueden definir otros factores, tanto porque sean limitantes, o porque puedan condicionar presencias. En la **Tabla 6.8** y la **Figura 6.8** se listan los factores considerados y su nomenclatura:

Tabla 6.8. Distribución espacial de otros factores que afectan la aptitud de un Sitio a nivel del territorio uruguayo.

| Variable opcional | Descripción | Clave | Número de polígonos | Área (ha) | % |
|----------------------|---|-------|---------------------|-----------|-----|
| Barlovento | Expuesto a vientos fuertes por proximidad del mar | b | 164 | 84.174 | 0,5 |
| Calcimórfico | Suelos calcimórficos limosos (textura media), y de profundidad > 25 cm | c | 2.344 | 1.067.569 | 6,1 |
| Limitante Fertilidad | Suelos de pH >5.4, y CIC < 10 meq son extremadamente pobres y no se separan por otra variable | f | 2.344 | 51.253 | 0,3 |
| Pedregoso | Suelos con alta proporción de cantos rodados desde el Horizonte A | p | 110 | 56.641 | 0,3 |
| Sotavento | Fuera de alcance de vientos fuertes del mar, sólo usado para sitios arenosos continentales | s | 206 | 38.170 | 0,2 |

Breve descripción del significado de cada una de las variables opcionales:

➤ Suelos calcimórficos (c)

La presencia de Calcio en el suelo fue utilizada en el pasado para clasificar los suelos a nivel de orden (suelos calcimórficos). Posteriormente esta categoría fue eliminada y sustituida por otras variables que en parte la incluían como saturación en bases del complejo de intercambio y el pH, entre otras, no obstante su presencia como Carbonato de Calcio en concreciones friables o pulverulento es determinante de la presencia de especies vegetales (calcófilas). En el caso del Uruguay su presencia separa

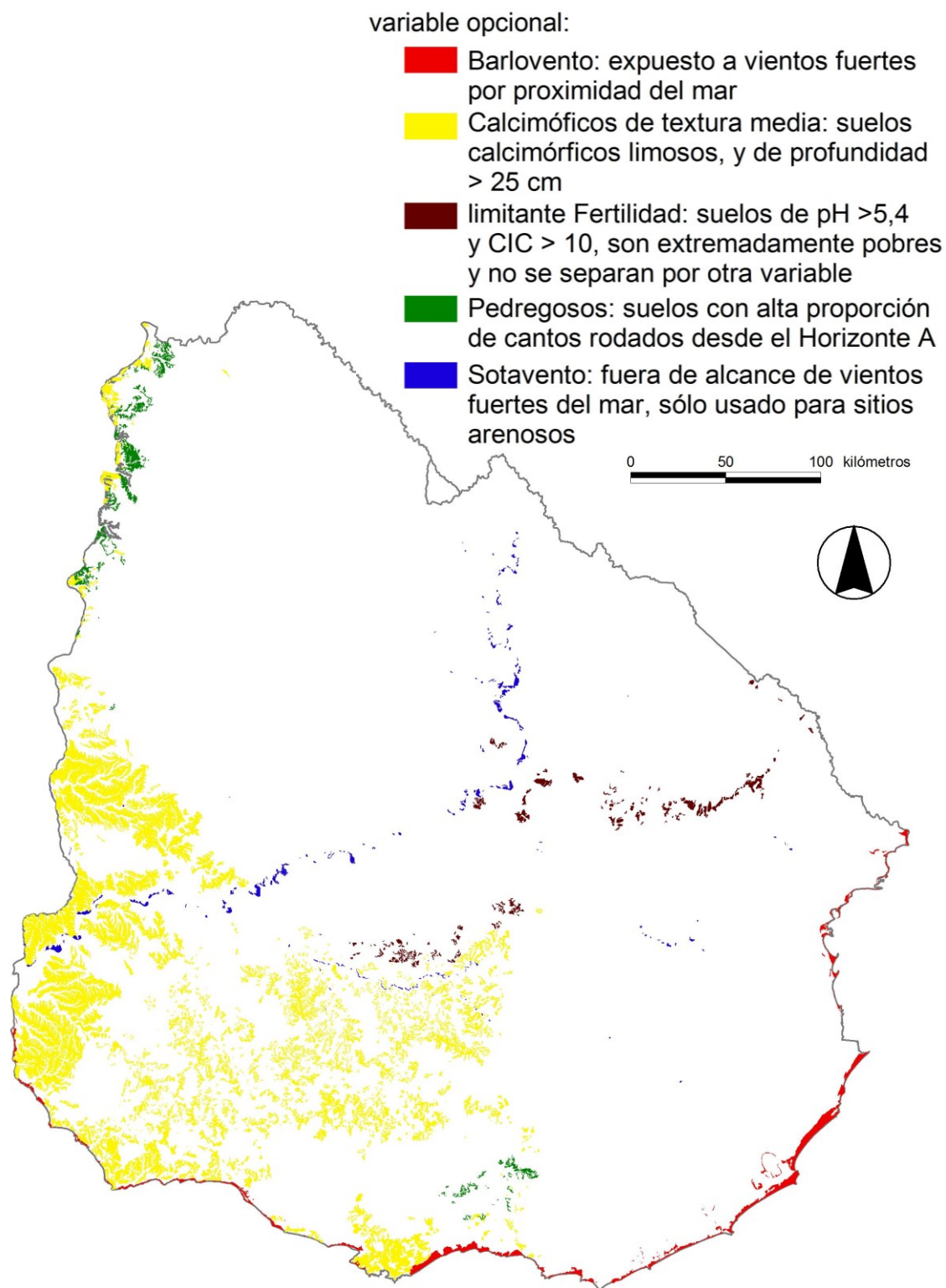


Figura 6.8. Distribución espacial para Uruguay de los rangos de las variables ambientales opcionales.

claramente ambientes con similares características desde un punto de vista edáfico, pero que se diferencian por la presencia y abundancia de este compuesto, como lo denota la ocurrencia de vegetación de parque en el litoral del río Uruguay, entre otros ambientes, apoyados fundamentalmente sobre materiales loésicos cuaternarios y ocupan el 6,1 % del territorio. Seguramente la vegetación arbórea compuesta mayoritariamente por leguminosas, son herencia de condiciones climáticas semiáridas dominantes durante el cuaternario en la región.

➤ Pedregosidad (p)

Se considera incorporar esta categoría cuando se constate la presencia de suelos conformados mayoritariamente por cantos rodados de menos de 10 cm de diámetro, o con la existencia al interior del suelo de líneas de cantos o rocas, que dificultan severamente el pasaje de las raíces de las plantas en el Sitio. Su incorporación como indicador, se realiza con independencia de su origen se vinculan mayoritariamente a sedimentos terciarios vinculados al paleocauce del río Uruguay representando el 0,3% de la superficie del país.

➤ Exposición al viento (b) (s)

Se considera 2 categorías de exposición del suelo con respecto al viento según la orientación del Sitio, una donde está protegido que se denomina sotavento (s), y otra cuando está expuesto que se denomina barlovento (b), ambas son importantes para las asociaciones vegetales en suelos arenosos. En efecto, los suelos arenosos (arenales y médanos) expuestos a los vientos fuertes del SW por su proximidad a la costa del mar o del Río de la Plata, presentan una vegetación más xerofítica (0,2% del territorio), que los arenales fluviales de ríos del interior (0,5% del territorio) completamente protegidos de los vientos por su posición en valles y sin influencia del espray salino, con una vegetación más hidrófila.

➤ Limitante Fertilidad (f)

Se considera que aquellos suelos que tienen pH mayor a 5,4, pero su CIC es menor a 10 meq. de CIC/100gr de suelo, presentan limitantes por fertilidad. Representan el 0,3% del territorio y a ellos se asocia una pradera de gramíneas con vía fotosintética predominantemente en C4, pero con composición significativamente diferente a la de los suelos muy ácidos.

➤ Otras categorías (¿x?)

Esta clasificación permite mantener esta categoría abierta, y en su aplicación a futuros estudios de distribución de especies con fines de categorizar la biodiversidad, pueden encontrarse nuevos factores limitantes o que permitan discriminar mejor. Esta variable, se agrega por fuera del código de 7 caracteres (ver **Capítulo 6.3**).

6.1.8. VEGETACIÓN POTENCIAL

Se incorporó información de la vegetación potencial para cada polígono, a partir de las descripciones incluidas en el relevamiento de suelos del CONEAT (1979) e información de terreno. Los tipos de formaciones vegetales naturales existentes para el país pueden analizarse como el resultado de la conjunción de variables físicas y la historia fitogeográfica de cada uno de ellos, en el marco de la Provincia Climática en que está inserto Köppen-Geiger (Peel *et al.*, 2007; ver ítem “*Criterios de clasificación*”, pág. 92”) (Tabla 6.9 y Figura 6.9):

A los efectos de facilitar la difusión y comprensión de la Clasificación de Paisajes en Uruguay se usan los nombres locales.

Arbustal: pradera con abundantes especies leñosas de bajo porte.

Bañado (Humedal): pradera uliginosa.

Bosque: formaciones boscosas naturales.

Palmar: parque de palmeras.

Parque: pradera arbolada.

Pradera: pastizales naturales.

A su vez, existen varias formaciones mixtas compuestas por:

Bañado-parque-bosque ripario: bosque fluvial con parque perimetral y bañado asociado.

Parque-Bosque: formaciones de bosque con parque perimetral.

Parque-bosque ripario: bosque fluvial con parque perimetral.

Tabla 6.9. Distribución espacial de otros factores que afectan la aptitud de un Sitio a nivel del territorio uruguayo Vegetación potencial.

| Términos de vegetación | Descripción | Clave | Número de polígonos | Área (ha) | % |
|-------------------------------|--|--------------|----------------------------|------------------|----------|
| Arbustal | Pradera con abundantes especies leñosas de bajo porte | Ar | 74 | 29.983 | 0,2 |
| Bañado | Bañado | Ba | 504 | 277.294 | 1,6 |
| Bañado-parque-bosque ripario | Bosque fluvial con parque perimetral y bañado asociado | Ba-Pa-Ri | 408 | 340.948 | 2,0 |
| Bosque | Formaciones boscosas | Bo | 74 | 7.831 | 0,04 |
| Palmar | Parque de palmeras | Pl | 491 | 277.599 | 1,6 |
| Parque | Pradera arbolada | Pa | 4.503 | 3.949.072 | 22,7 |
| Parque-Bosque | Formaciones de bosque con parque perimetral | Pa-Bo | 1.685 | 429.161 | 2,5 |
| Parque-Bosque ripario | Bosque fluvial con parque perimetral | Pa-Ri | 462 | 409.881 | 2,3 |
| Pradera | Pradera | Pr | 25.408 | 11.720.865 | 67,2 |
| no determinado | Ocurrencia de más de una formación vegetal | nd | 10 | 1.967 | 0,01 |

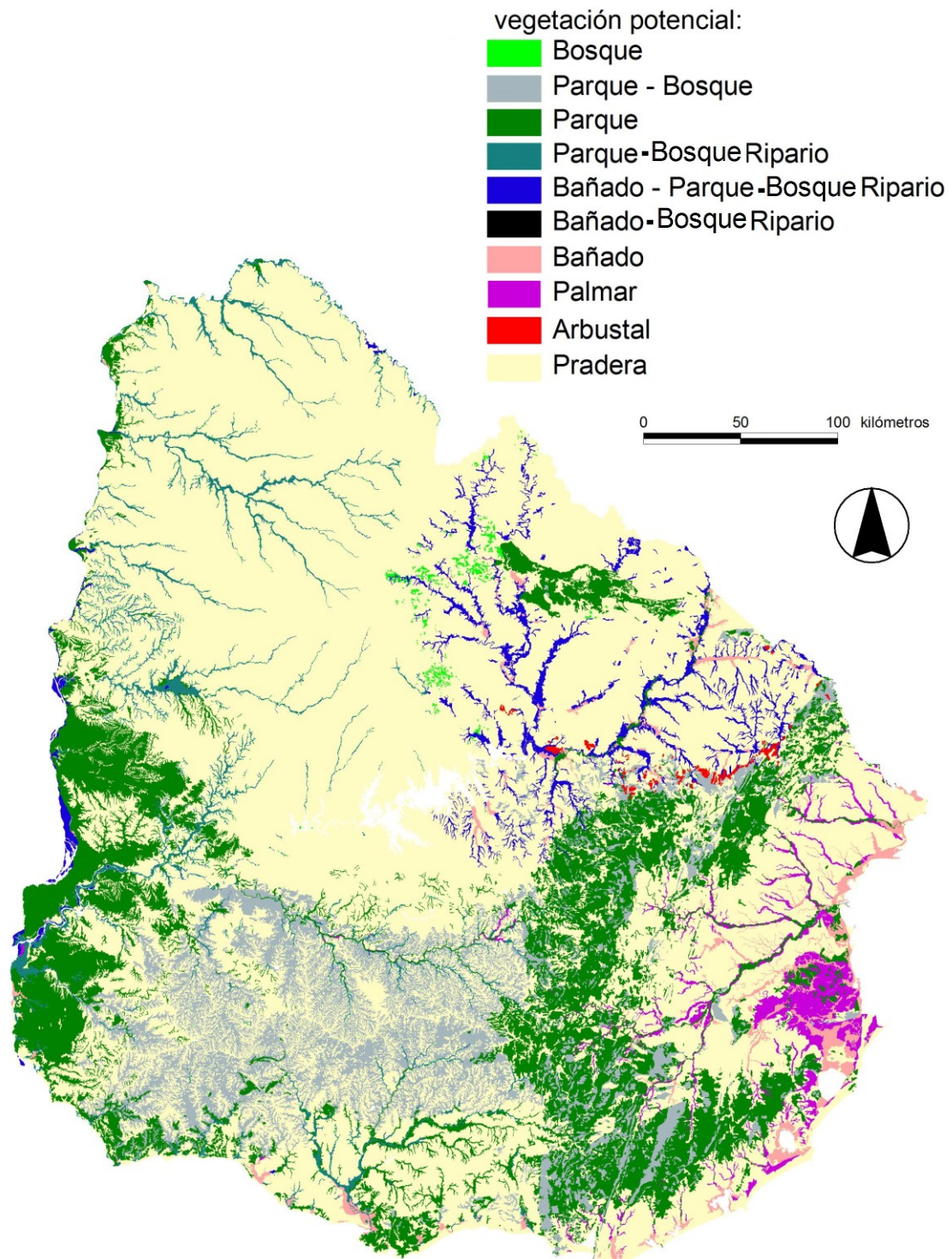


Figura 6.9. Distribución espacial de la vegetación potencial natural para cada sitio.

Capítulo 6.2

La energía del relieve, Distrito. Segunda categoría de la Clasificación de Paisajes e insumo adicional para definir unidades elementales

6.2. LA ENERGÍA DEL RELIEVE, DISTRITO. SEGUNDA CATEGORÍA DE LA CLASIFICACIÓN DE PAISAJES E INSUMO ADICIONAL PARA DEFINIR UNIDADES ELEMENTALES

6.2.1. ANALIZANDO EL TERRITORIO POR RANGOS DE PENDIENTE Y PROCESOS ASOCIADOS

Para realizar una clasificación de Distritos para Uruguay, primero debió discriminarse su territorio a partir de los rangos de pendientes vinculados a procesos geomorfológicos asociados (ver **Tabla 3.2**, en "*Análisis de rangos de pendiente, geoformas y procesos asociados a ellas*", pág. 58), lo que implica ocho (8) rangos para las condiciones del relieve de Uruguay (**Tabla 6.10**, **Figura 6.10**).

La distribución espacial de estas geoformas se expresa como una matriz de pendientes dominantes que contienen parches de otros rangos de pendiente, generando mosaicos que se pueden agrupar por patrones que se relacionan con parentescos genéticos y morfológicos. Para realizar esta agrupación se tiene en cuenta los procesos geomorfológicos, en cuanto a las formas, los factores vinculados a su génesis y las eras geológicas implicadas en su evolución (ver "*La Historia geológica del paisaje*", pág. 76).

Tabla 6.10. Superficie ocupada por cada uno de los ocho rangos de pendiente asociados a procesos geomorfológicos a nivel del territorio uruguayo.

| Tipología de pendiente | Número de polígonos | Área (Ha) | % |
|---|---------------------|-----------|------|
| Serrano (=> 34% y < 66%) | 312 | 225.051 | 1,4 |
| Ondulado fuerte (=> 18% y < 34%) | 818 | 1.034.568 | 5,9 |
| Ondulado suave (=> 10% y < a 18%) | 1.279 | 1.309.503 | 7,5 |
| Plano ondulado fuerte (=> a 6% y < 10%) | 4.168 | 3.831.903 | 22,0 |
| Plano ondulado suave (=> 2% y < 6%) | 13.985 | 5.786.728 | 33,2 |
| Plano inclinado (=> 0,2% y < 2%) | 7.669 | 2.213.895 | 12,7 |
| Plano (=> a 0,01% y <0,2%) | 5.296 | 2.973.660 | 17,0 |
| Depresión (< 0,01%) | 96 | 69.293 | 0,4 |

Más allá de que en Uruguay, existen relieves de tipo escarpado, a la escala de trabajo, se considera que en planta no tienen representación espacial. Esto se debe a la información base de la cual se parte, curvas de nivel cada 10 metros, donde en relieves escarpados las isolíneas casi se superponen a la escala de trabajo.

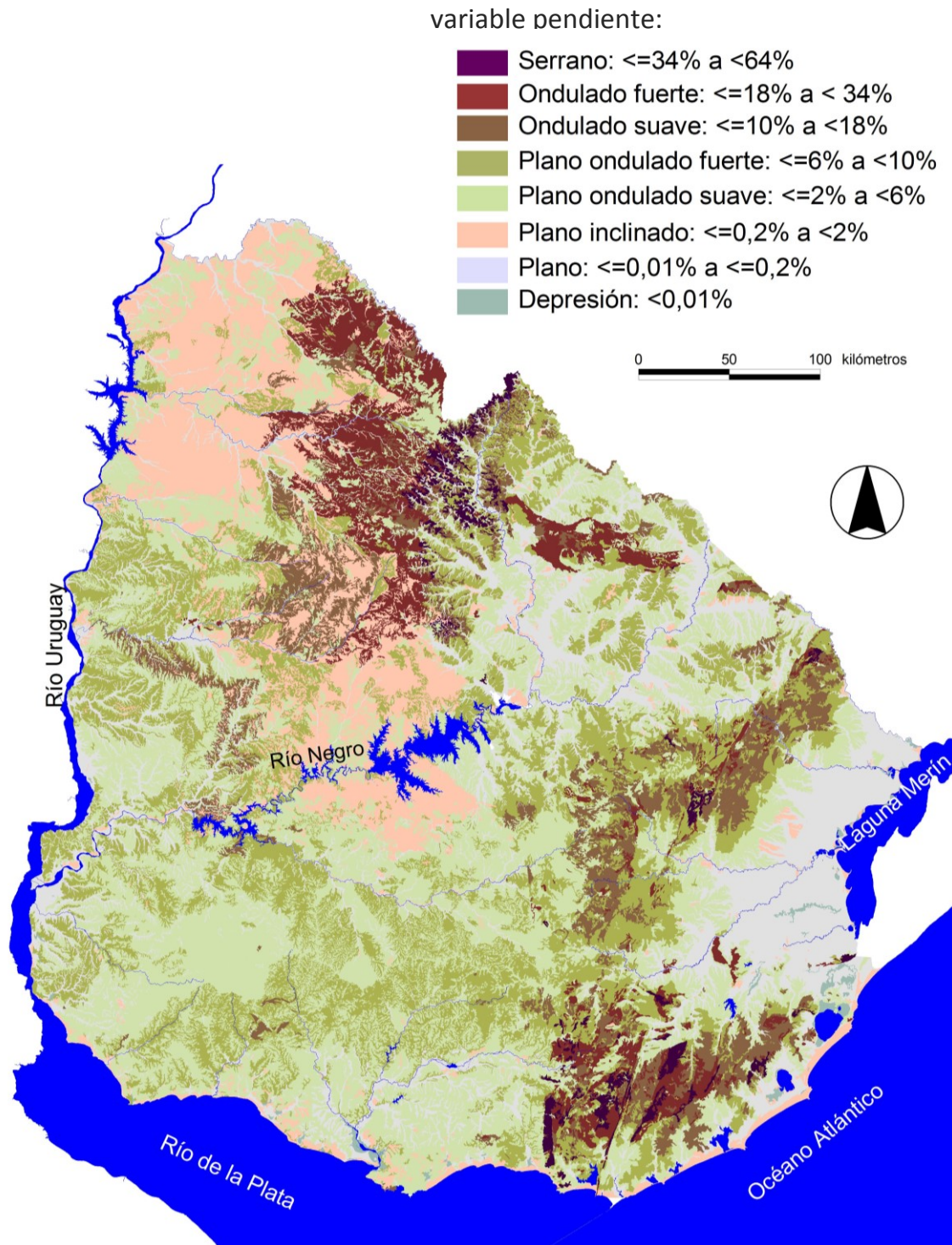


Figura 6.10. Distribución espacial de rangos de pendientes para Uruguay (Panario y Gutiérrez, 2011 en Panario *et al.*, 2011).

Los rangos de esta variable permiten definir en la presente propuesta de la Clasificación de Paisajes, al Distrito, que se corresponde al segundo orden jerárquico comenzando a contar desde la unidad elemental (Sitio).

6.2.2. AGRUPANDO LOS RANGOS DE PENDIENTE EN CUATRO RANGOS GENERALIZABLES POR PROCESOS

A partir de los ocho rangos obtenidos para el relieve discriminados a partir de pendiente y sus procesos geomorfológicos, estos pueden agruparse en un menor número de rangos que sin perder sustancialmente información, permitan generar un sistema operativo pero que al mismo tiempo discrimine por procesos.

Se propone una clasificación agrupada por rango de pendiente para Uruguay (Tabla 6.11 y Figura 6.11), usando las cuatro formas básicas que se presentan en el territorio. Como puede observarse, casi el 85% del territorio pertenece al Distrito Plano, que mayoritariamente es un relieve suavemente ondulado característico de las “pampas”, en tanto los cerros y depresiones están escasamente representados.

A los efectos de analizar el paisaje de Uruguay, se propone una Clasificación de Distritos, generada a partir de la agrupación de geoformas consideradas a partir del atributo pendiente y a una escala 1:250.000 o menor.

Tabla 6.11. Superficie ocupada por las cuatro formas básicas de pendiente a nivel del territorio uruguayo.

| Tipología de Distritos agrupados | Número de polígonos | Clave | Área (Ha) | % |
|----------------------------------|---------------------|-------|------------|------|
| Serrano (=> 34% y < 66%) | 312 | C | 225.051 | 1,3 |
| Ondulado (=> 10% y <34%) | 2.099 | O | 2.344.147 | 13,4 |
| Plano (=> 0,01% y <10%) | 31.148 | P | 14.811.894 | 84,9 |
| Depresión (< 0,01%) | 98 | D | 69.421 | 0,4 |

A la pendiente que se corresponde con el Distrito, en el presente sistema de clasificación se la agrega como variable a nivel del sitio, por pertenecer como se mencionó a otra escala, es decir en un paisaje cuya pendiente modal sea ondulado suave suelen existir hacia el valle, zonas escarpadas, o en el otro extremo en paisajes escarpados suelen existir mesetas o escalonamientos de relieve plano.

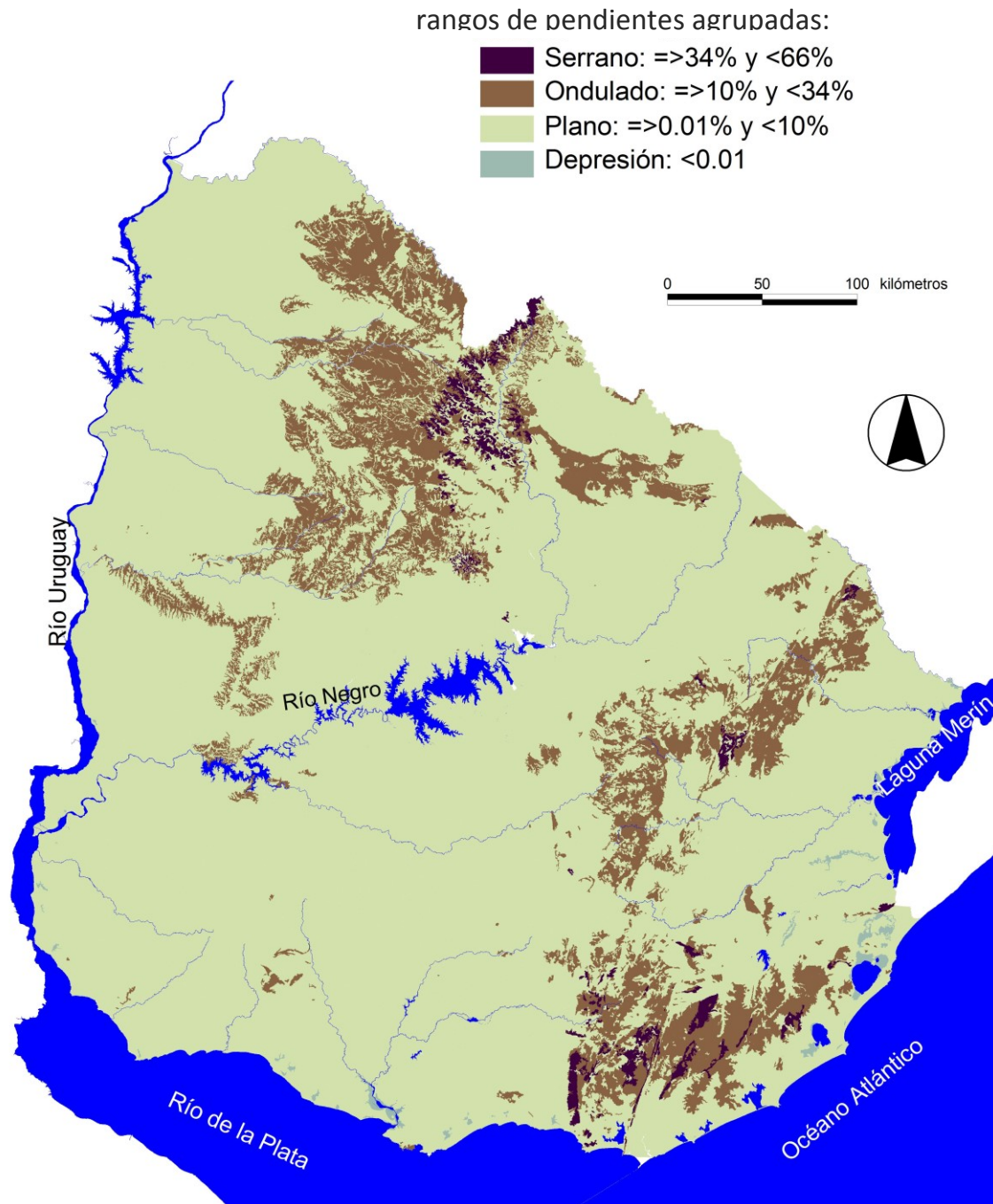


Figura 6.11. Distribución espacial de la Clasificación de Distritos a partir de los cuatro rangos de pendientes agrupados para Uruguay (Panario y Gutiérrez, 2011 en Panario et al., 2011), usado también como variable complementaria para discriminar a nivel de Sitio.

Capítulo 6.3

Sumando variables. Propuesta de unidad elemental: el Sitio

6.3. SUMANDO VARIABLES. PROPUESTA DE UNIDAD ELEMENTAL: EL SITIO

Los **Sitios**, cuando se trata de áreas con **suelo**, como es la mayor parte del territorio uruguayo, se propone clasificarlos mediante la utilización de una nomenclatura de letras que incluye a las variables edáficas (siempre presentes) que permiten definirlos, pudiendo incluir (o no) a la pendiente dominante.

139

6.3.1. UNIDADES BÁSICAS DETERMINADAS POR FACTORES EDÁFICOS CON LA VARIABLE OPCIONAL

A efectos de separar unidades básicas se generó una cartografía a partir de utilizar las **seis variables edáficas** e incorporando al análisis la **variable** opcional, generando una carta de Sitios (unidades básicas) para Uruguay, la que contiene 66 unidades diferentes.

Esta carta fue realizada a partir de la incorporación de los atributos opcionales, dado que pudo observarse que la fauna y/o la vegetación, para algunas zonas hacían una lectura distinta de la misma unidad, al tener o no esta característica.

De la combinación de las 6 variables edáficas: profundidad, textura, drenaje, hidromorfismo, pH/salinidad y rocosidad, más la variable opcional, se crea un código de hasta 7 letras, que identifica a cada una.

Unidades básicas determinadas por factores edáficos + variable opcional es igual a:

$$\text{Sitio} = \text{Cód. 1} + \text{Cód. 2} + \text{Cód. 3} + \text{Cód. 4} + \text{Cód. 5} + \text{Cód. 6} + \text{Cód. 7}$$

Donde:

Código 1 = Profundidad

Código 2 = Textura

Código 3 = Drenaje

Código 4 = Hidromorfismo

Código 5 = pH/salinidad

Código 6 = Rocosidad

Código 7 = Variable opcional (cuando es pertinente)

A partir del cruce de estas variables se obtiene un mapa de 66 Unidades básicas determinados por factores edáficos para Uruguay incorporando la variable opcional (**Tabla 6.12 y Figura 6.12**).

Tabla 6.12. Nomenclatura de las 66 Unidades básicas obtenidas del cruce de las seis (6) variables físicas y la variable opcional (ver **Tabla 5.3**).

| Unidades básicas | Número de polígonos | Área (ha) | % | Unidades básicas | Número de polígonos | Área (ha) | % |
|------------------|---------------------|-----------|------|------------------|---------------------|-----------|------|
| MLENHN | 272 | 142.856 | 0,8 | PLRNNN-f | 57 | 15.303 | 0,1 |
| MLLHNN | 3 | 5.873 | 0,03 | PMLHNN | 1.707 | 938.655 | 5,4 |
| MLMNNM | 198 | 114.371 | 0,7 | PMLIAN | 1627 | 708.017 | 4,1 |
| MLRHNN | 44 | 36.056 | 0,2 | PMLINN | 491 | 277.599 | 1,6 |
| MLRNHM | 146 | 187.279 | 1,1 | PMLISN | 18 | 5.152 | 0,03 |
| MLRNHN | 76 | 72.246 | 0,4 | PMLNHN | 23 | 58.330 | 0,3 |
| MLRNNM | 2.519 | 2.628.327 | 15,1 | PMLTNN | 272 | 118.693 | 0,7 |
| MLRNNM-f | 10 | 5.968 | 0,03 | PMMHNN | 1.020 | 838.263 | 3,6 |
| MLRNNN-p | 110 | 56.641 | 0,3 | PMMINN | 108 | 39.930 | 0,2 |
| MMMHNM | 910 | 432.618 | 2,5 | PMMNNM | 168 | 36.684 | 0,2 |
| MMMNNA | 150 | 39.811 | 0,2 | PMMNNM-c | 1.557 | 351.564 | 2,0 |
| MMMNNM | 551 | 474.813 | 2,7 | PMMNNN | 871 | 285.836 | 1,6 |
| MMMNNN | 1.371 | 748300 | 4,3 | PMMNNN-c | 581 | 504.965 | 2,9 |
| MMMNNN-c | 179 | 134.055 | 0,8 | PMRNHN | 26 | 13.269 | 0,1 |
| MMMNNN-f | 64 | 23.385 | 0,1 | PMRNNN | 224 | 179.456 | 1,0 |
| MPLNNN | 238 | 124.645 | 0,7 | PMRNNN-c | 27 | 76.986 | 0,4 |
| MPMNNN | 37 | 28.559 | 0,2 | PPLIAN | 95 | 10.072 | 0,1 |
| PLENHN | 280 | 200.223 | 1,1 | PPLINN | 462 | 409.881 | 2,3 |
| PLENNN | 14 | 2.724 | 0,02 | PPLNNM | 3.693 | 1.195.394 | 6,9 |
| PLENNN-b | 164 | 84.174 | 0,5 | PPLNNN | 2.261 | 957.550 | 5,5 |
| PLENNN-s | 206 | 38.170 | 0,2 | PPLTNN | 408 | 340.948 | 2,0 |
| PLLINN | 95 | 83.205 | 0,5 | PPMNNM | 79 | 82.727 | 0,5 |
| PLLTNN | 45 | 41.681 | 0,2 | PPMNNN | 292 | 211.914 | 1,2 |
| PLLTSN | 21 | 10.822 | 0,1 | PPNPNN | 109 | 86.492 | 0,5 |
| PLMHNN | 54 | 38.480 | 0,2 | PPNPSN | 39 | 14.455 | 0,1 |
| PLMHNN | 218 | 254.980 | 1,5 | SLENHA | 202 | 35.666 | 0,2 |
| PLMHNN-f | 10 | 6.597 | 0,04 | SLRNHA | 1.685 | 429.161 | 2,5 |
| PLMNNN | 324 | 200.702 | 1,2 | SLRNNM | 212 | 146.756 | 0,8 |
| PLRHNN | 410 | 196.322 | 1,1 | SMMNNM | 1.830 | 488.350 | 2,8 |
| PLRHNN | 23 | 43.021 | 0,2 | SMRNNA | 2.051 | 1.508.389 | 8,6 |
| PLRNHM | 64 | 77.224 | 0,4 | SMRNNM | 139 | 69.656 | 0,4 |
| PLRNHN | 9 | 5.639 | 0,03 | SMRNNN | 14 | 21.211 | 0,1 |
| PLRNNN | 15 | 16.870 | 0,1 | SPRNNM | 2.445 | 632.639 | 3,6 |

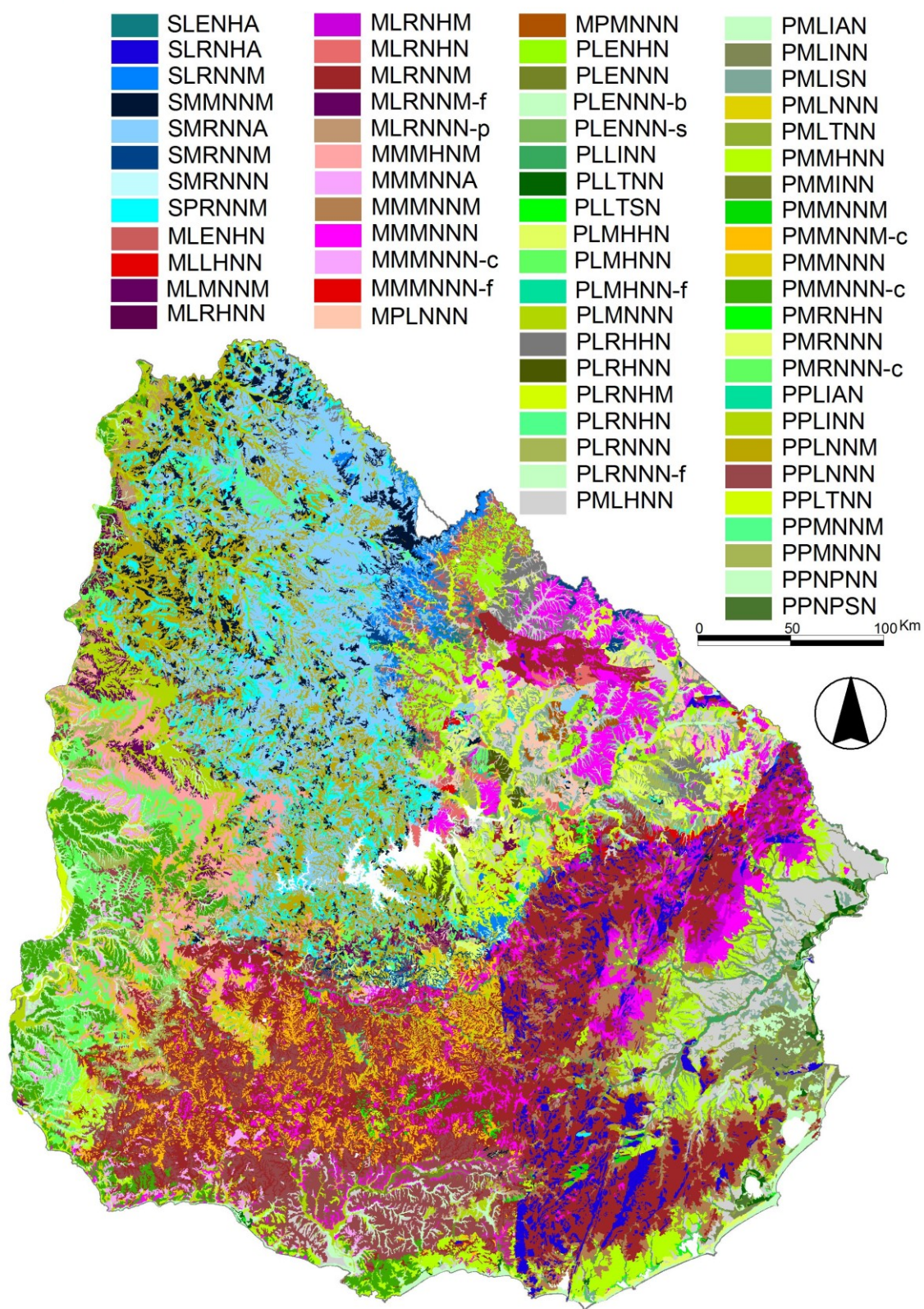


Figura 6.12. Distribución espacial de la propuesta de Unidades básicas (66) determinadas por los seis factores edáficos más la variable opcional para Uruguay (Panario et al., 2011).

6.3.2. SITIOS: UNIDADES BÁSICAS DETERMINADAS POR FACTORES EDÁFICOS CON LA VARIABLE OPCIONAL Y PENDIENTES AGRUPADAS

A efectos de analizar el paisaje y la pendiente en el cual está inserta la Clasificación de Sitios de Uruguay, se agrega al código que caracteriza a las unidades básicas, el código de pendiente, que surge de la clasificación de Distrito agrupado (6.2.2 “Agrupando los rangos de pendiente en cuatro rangos generalizables por procesos”, pág. 136, y **Tabla 5.2**).

De la combinación de la variable de pendiente; las 6 variables edáficas siempre presentes: profundidad, textura, drenaje, hidromorfismo, pH/salinidad y rocosidad y la variable opcional, se crea un código de hasta 8 letras, que identifica a cada uno de las unidades de Sitio para Uruguay:

Unidades básicas determinadas por factores edáficos + variable opcional es igual a:

$$\text{Sitio} = \text{Cód. 1} + \text{Cód. 2} + \text{Cód. 3} + \text{Cód. 4} + \text{Cód. 5} + \text{Cód. 6} + \text{Cód. 7} + \text{Cód. 8}$$

Donde:

Código 1 = Pendiente

Código 2 = Profundidad

Código 3 = Textura

Código 4 = Drenaje

Código 5 = Hidromorfismo

Código 6 = pH/salinidad

Código 7 = Rocosidad

Código 8 = Variable opcional (cuando es pertinente)

A manera de ejemplo se tiene el siguiente Sitio: **PPMMNNM-c**

Se corresponde a: Pendiente: **Plano**; Profundidad: **Profundo**; Textura: **Media**; Drenaje: **Medio**; Hidromorfismo: **No hidromórfico**; pH: **Neutro**; y Grado de Rocosidad: **Media**, y en este caso tiene una categoría opcional: Suelos calcimórficos.

A partir del cruce de estas variables surge el Mapa de Sitios para Uruguay usando la variable pendiente, las seis variables edáficas y la variable opcional, a partir de lo cual se discriminan 95 Sitios (**Tabla 6.13** y **Figura 6.13**).

En el “Anexo 2. Breve caracterización de los 95 Sitios” se incluye una descripción para cada unidad, extraída de la información incorporada en el S.I.G.

Tabla 6.13. Distribución de Sitios, se incluye la información de la vegetación potencial correspondiente a cada uno de ellos.

| No. | Sitio | Número de polígonos | Vegetación potencial | Área (ha) | % |
|-----|-----------|---------------------|-------------------------|-----------|-------|
| 1 | DPPNPNN | 58 | Bañado | 54.866 | 0,3 |
| 2 | DPPNPSN | 38 | Bañado | 14.427 | 0,1 |
| 3 | OMLENHN | 210 | Pradera | 126.415 | 0,7 |
| 4 | OMLRNHM | 30 | Pradera | 36.966 | 0,2 |
| 5 | OMLRNNM | 444 | Pradera arbolada | 812.108 | 4,7 |
| 6 | OMMMHNM | 30 | Pradera | 105.079 | 0,6 |
| 7 | OMMMNNA | 14 | Pradera arbolada | 8.172 | 0,05 |
| 8 | OMMMNNM | 11 | Pradera | 6.476 | 0,04 |
| 9 | OMMMNNN | 22 | Pradera | 31.575 | 0,2 |
| 10 | OPLENHN | 1 | Pradera | 1.890 | 0,01 |
| 11 | OPMMHNN | 3 | Pradera | 13.469 | 0,1 |
| 12 | OPMMNNN | 1 | Pradera | 1.247 | 0,01 |
| 13 | OPPLNNM | 57 | Pradera | 5.694 | 0,03 |
| 14 | OPPMNNM | 1 | Pradera | 316 | 0,002 |
| 25 | OSLENHA | 36 | Bosque | 4.696 | 0,03 |
| 16 | OSLRNHA | 867 | Pradera arbolada-Bosque | 243.525 | 1,4 |
| 17 | OSLRNNM | 59 | Pradera | 48.710 | 0,3 |
| 18 | OSMMNNM | 31 | Pradera | 3.796 | 0,02 |
| 19 | OSMRNNA | 175 | Pradera | 825.191 | 4,7 |
| 20 | OSMRNNM | 7 | Pradera | 22.996 | 0,1 |
| 21 | OSMRNNN | 7 | Pradera | 17.966 | 0,1 |
| 22 | OSPRNNM | 91 | Pradera | 27.784 | 0,2 |
| 23 | PMLNHN | 62 | Pradera | 16.441 | 0,1 |
| 24 | PMLLHNN | 3 | Pradera | 5.873 | 0,03 |
| 25 | PMLMNNM | 198 | Pradera | 114.371 | 0,7 |
| 26 | PMLRHNN | 44 | Pradera | 36.056 | 0,2 |
| 27 | PMLRNHM | 115 | Pradera | 149.193 | 0,9 |
| 28 | PMLRNHN | 76 | Pradera | 72.246 | 0,4 |
| 29 | PMLRNNM | 2.066 | Pradera | 1.790.761 | 10,3 |
| 30 | PMLRNNM-f | 10 | Pradera | 5.968 | 0,03 |

(Continuación **Tabla 6.13**)

| No. | Sitio | Número de polígonos | Vegetación potencial | Área (ha) | % |
|-----|-----------|---------------------|----------------------|-----------|------|
| 31 | PMLRNNN-p | 110 | Pradera | 56.641 | 0,3 |
| 32 | PMMMHNM | 880 | Pradera | 327.539 | 1,9 |
| 33 | PMMMNNA | 136 | Pradera arbolada | 31.639 | 0,2 |
| 34 | PMMMNNM | 540 | Pradera | 468.338 | 2,7 |
| 35 | PMMMNNN | 1.349 | Pradera | 716.725 | 4,1 |
| 36 | PMMMNNN-c | 179 | Pradera arbolada | 134.055 | 0,8 |
| 37 | PMMMNNN-f | 64 | Arbustal | 23.385 | 0,1 |
| 38 | PMPLNNN | 238 | Pradera | 124.645 | 0,7 |
| 39 | PMPMNNN | 37 | Pradera | 28.559 | 0,2 |
| 40 | PPLENHN | 279 | Pradera | 198.334 | 1,1 |
| 41 | PPLENNN | 14 | Pradera | 2.724 | 0,02 |
| 42 | PPLENNN-b | 164 | Pradera | 84.174 | 0,5 |
| 43 | PPLENNN-s | 206 | Pradera | 38.170 | 0,2 |
| 44 | PPLLINN | 95 | Pradera arbolada | 83.205 | 0,5 |
| 45 | PPLLTNN | 45 | Bañado | 41.681 | 0,2 |
| 46 | PPLLTSN | 21 | Bañado | 10.822 | 0,1 |
| 47 | PPLMHNN | 54 | Pradera | 38.480 | 0,2 |
| 48 | PPLMHNN | 218 | Pradera | 254.980 | 1,5 |
| 49 | PPLMHNN-f | 10 | Arbustal | 6.597 | 0,04 |
| 50 | PPLMNNN | 324 | Pradera | 200.702 | 1,2 |
| 51 | PPLRHHN | 410 | Pradera | 196.322 | 1,1 |
| 52 | PPLRHNN | 23 | Pradera | 43.021 | 0,2 |
| 53 | PPLRNHM | 64 | Pradera | 77.224 | 0,4 |
| 54 | PPLRNHN | 9 | Pradera | 5.639 | 0,03 |
| 55 | PPLRNNN | 15 | Pradera | 16.870 | 0,1 |
| 56 | PPLRNNN-f | 57 | Pradera | 15.303 | 0,1 |
| 57 | PPMLHNN | 1.707 | Pradera | 938.655 | 5,4 |
| 58 | PPMLIAN | 1.672 | Pradera arbolada | 708.017 | 4,1 |
| 59 | PPMLINN | 491 | Palmar | 277.599 | 1,6 |
| 60 | PPMLISN | 18 | Pradera | 5.152 | 0,03 |
| 61 | PPMLNNN | 23 | Pradera | 58.330 | 0,3 |
| 62 | PPMLTNN | 272 | Bañado | 118.693 | 0,7 |
| 63 | PPMMHNN | 1.017 | Pradera | 622.794 | 3,5 |

(Continuación **Tabla 6.13**)

| No. | Sitio | Número de polígonos | Vegetación potencial | Área (ha) | % |
|-----|-----------|---------------------|---------------------------------|-----------|--------|
| 64 | PPMMINN | 108 | Pradera arbolada | 39.930 | 0,2 |
| 65 | PPMMNNM | 168 | Pradera | 36.684 | 0,2 |
| 66 | PPMMNNM-c | 1.557 | Pradera | 351.564 | 2,0 |
| 67 | PPMMNNN | 870 | Pradera | 284.588 | 1,6 |
| 68 | PPMMNNN-c | 581 | Pradera arbolada | 504.965 | 2,9 |
| 69 | PPMRNHN | 26 | Pradera | 13.269 | 0,1 |
| 70 | PPMRNNN | 224 | Pradera | 179.456 | 1,0 |
| 71 | PPMRNNN-c | 27 | Pradera arbolada | 76.986 | 0,4 |
| 72 | PPPLIAN | 95 | Pradera | 10.072 | 0,1 |
| 73 | PPPLINN | 462 | Pradera arbolada-Bosque ripario | 409.881 | 2,3 |
| 74 | PPPLNNM | 3.636 | Pradera | 1.189.700 | 6,8 |
| 75 | PPPLNNN | 2.261 | Pradera | 957.550 | 5,5 |
| 76 | PPPLTNN | 408 | Bañado-Prad.arb-Bo. ripario | 340.948 | 2,0 |
| 77 | PPPMNNM | 78 | Pradera | 82.411 | 0,5 |
| 78 | PPPMNNN | 292 | Pradera | 211.914 | 1,2 |
| 79 | PPPNPNN | 51 | Bañado | 31.626 | 0,2 |
| 80 | PPPNPSN | 1 | Bañado | 27 | 0,0002 |
| 81 | PSLENHA | 42 | Bosque | 3.135 | 0,02 |
| 82 | PSLRNHA | 714 | Pradera arbolada-Bosque | 89.840 | 0,5 |
| 83 | PSLRNNM | 85 | Pradera | 24.070 | 0,1 |
| 84 | PSMMNNM | 1.794 | Pradera | 483.730 | 2,8 |
| 85 | PSMRNNA | 1.875 | Pradera | 683.157 | 3,9 |
| 86 | PSMRNNM | 132 | Pradera | 46.660 | 0,3 |
| 87 | PSMRNNN | 7 | Pradera | 3.245 | 0,02 |
| 88 | PSPRNNM | 2.354 | Pradera | 604.855 | 3,5 |
| 89 | SMLRNHM | 1 | Pradera | 1.119 | 0,01 |
| 90 | SMLRNNM | 9 | Pradera arbolada | 25.458 | 0,1 |
| 91 | SSLENHA | 124 | Pradera | 27.835 | 0,2 |
| 92 | SSLRNHA | 104 | Pradera arbolada-Bosque | 95.796 | 0,5 |
| 93 | SSLRNNM | 68 | Pradera | 73.977 | 0,4 |
| 94 | SSMMNNM | 5 | Pradera | 824 | 0,005 |
| 95 | SSMRNNA | 1 | Pradera | 42 | 0,0002 |

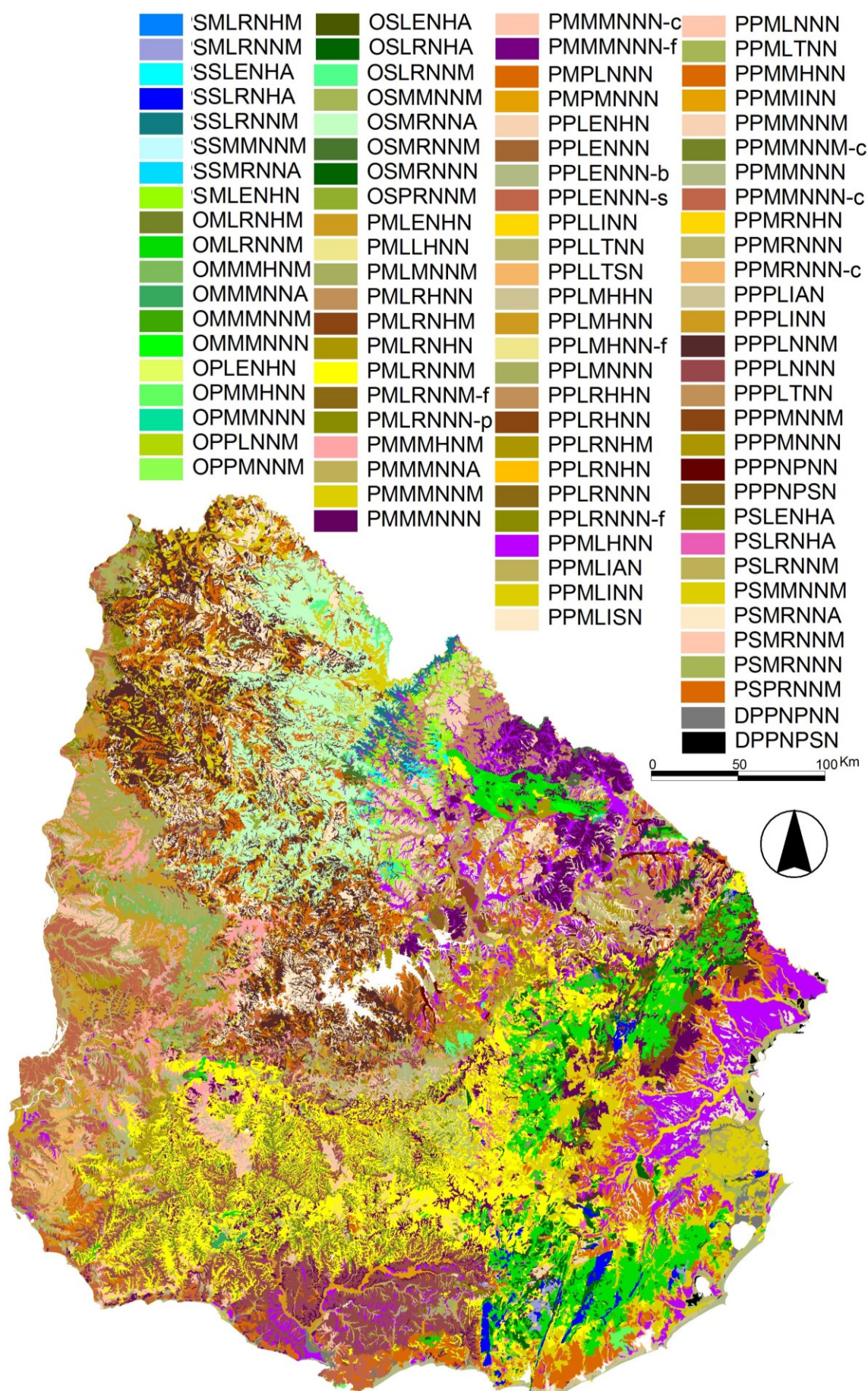


Figura 6.13. Distribución espacial de la propuesta de Sitios (95 unidades) para Uruguay, determinadas por la variable pendiente, los seis factores edáficos más la variable opcional (Panario y Gutiérrez, 2011 en Panario et al., 2011).

En la **Tabla 6.15** se sintetizan los Sitios más representativos para Uruguay, y a su vez se identifica la ubicación geográfica de la zona tipo donde ha sido caracterizado.

6.3.3. SITIOS DEFINIDOS POR UNA SOLA VARIABLE

En estos casos los Sitios quedan definidos por su propia condición, tanto sean áreas de afloramiento como espejos de agua libre (artificial o natural) sin cobertura vegetal significativa, denominándoseles por esa sola variable condicionante, o por la estructura geomorfológica que la forma. Se tomará una u otra, según quien comande los procesos que describan la interrelación con la biota. Se deja abierto a una clase que pueda abarcar situaciones imprevistas (**Tabla 6.14**).

Para su nomenclatura, se propone un código corto.

Tabla 6.14. Nomenclatura para sitios de una sola variable.

| Tipo de Sitios | Variable condicionante | Nomenclatura |
|---------------------------|---|--------------|
| Afloramientos (A) | Masivos (MA) | AMA |
| | Diaclasados (DI) | ADI |
| | Fracturados (FR) | AFR |
| | Pedregales (PE) | APE |
| Espejos de agua libre (E) | Charcas (CH) | ECH |
| | Reservorios (RE) | ERE |
| | <i>Oxbow lakes</i> (canales fluviales abandonados) (OL) | EOL |
| | Lagunas y lagos (LL) | ELL |
| Otras situaciones | ¿? | --- |

En la presente propuesta se identifican solamente los principales espejos de agua con estas características, dado que no se posee la información requerida a la escala adecuada para representar con precisión las demás categorías. No obstante se señalan para cuando se pueda aumentar la resolución cartográfica e incorporar esta variable, para lo que se requiere disponer de imágenes de diferentes sensores, tales como radar o imágenes hiperespectrales.

Tabla 6.15. Sitios más representativos para Uruguay (ver **Tabla 6.13** y **Tabla Anexo 0.1**).

| Sitio N° | Vegetación | Profundidad | Textura | Drenaje | Hidromorfismo | pH | Rocosisdad | Variable opcional | Zona tipo |
|----------|------------------|-------------|---------|----------|-------------------------|--------|------------|-------------------|---------------------------|
| 1 | Palustre | Profundo | pesada | Nulo | Inundado permanente | Neutro | No | No | India Muerta |
| 2 | Palustre | Profundo | pesada | Nulo | Inundado permanente | Neutro | No | Salino | Barra de Maldonado |
| 5 | Pradera arbolada | Media | Liviana | Rápido | No | Neutro | Media | No | Sierra de Ríos |
| 6 | Pradera | Media | Media | Moderado | Hidromórfico | Neutro | Media | No | Bacacué |
| 7 | Pradera arbolada | Media | Media | Moderado | No | Neutro | Alta | No | Mal Abrigo |
| 9 | Pradera arbustal | Media | Media | Moderado | No | Neutro | No | No | Tres Islas |
| 11 | Pradera | Profundo | Media | Moderado | Hidromórfico | Neutro | No | No | San Carlos |
| 16 | Bosque y pradera | Superficial | Liviana | Rápido | No | Ácido | Alta | No | Carapé |
| 17 | Pradera | Superficial | Liviana | Rápido | No | Neutro | Media | No | Capilla de Farruco |
| 19 | Pradera | Superficial | Media | Rápido | No | Neutro | Alta | No | Queguay Chico |
| 27 | Pradera | Media | Liviana | Rápido | No | Ácido | Media | No | Tupambaé |
| 29 | Pradera arbolada | Media | Liviana | Rápido | No | Neutro | Media | No | San Gabriel |
| 32 | Pradera | Media | Media | Moderado | Hidromórfico | Neutro | Media | No | Guichón |
| 34 | Pradera | Media | Media | Moderado | No | Neutro | Media | No | - |
| 35 | Pradera | Media | Media | Moderado | No | Neutro | No | No | Reboledo |
| 36 | Pradera arbolada | Media | Media | Moderado | No | Neutro | No | Calcimorfo | Ecilda Paulier |
| 40 | Pradera | Profundo | Liviana | Excesivo | No | Ácido | No | No | Rivera |
| 48 | Pradera | Profundo | Liviana | Moderado | No | Neutro | No | No | Piedras Coloradas |
| 50 | Pradera | Profundo | Liviana | Moderado | No | Neutro | No | No | Chapicuy |
| 51 | Pradera | Profundo | Liviana | Rápido | Hidromórfico | Ácido | No | No | Tranqueras |
| 57 | Pradera | Profundo | Media | Lento | Hidromórfico | Neutro | No | No | planicies fluviales altas |
| 58 | Pradera arbolada | Profundo | Media | Moderado | Inundación intermitente | Neutro | No | No | planicies fluviales |

(Continuación **Tabla 6.15**)

| Sitio N° | Vegetación | Profundidad | Textura | Drenaje | Hidromorfismo | pH | Rociedad | Variable opcional | Zona tipo |
|----------|----------------------------------|-------------|---------|----------|-------------------------|--------|----------|-------------------|---------------------|
| 59 | Pradera palmar | Profundo | Media | Lento | Inundación intermitente | Neutro | No | No | San Luis |
| 63 | Pradera | Profundo | Media | Moderado | Hidromórfico | Neutro | No | No | Alfárez |
| 66 | Pradera | Profundo | Media | Moderado | No | Neutro | Media | Calcimorfo | Hernandarias |
| 67 | Pradera | Profundo | Media | Moderado | No | Neutro | No | No | Paso de Lugo |
| 68 | Pradera | Profundo | Media | Moderado | No | Neutro | No | Calcimorfo | Young |
| 73 | Pradera arbolada y monte ripario | Profundo | Pesada | Lento | Inundación intermitente | Neutro | No | No | Planicies del oeste |
| 74 | Pradera | Profundo | Pesada | Lento | No | Neutro | Media | No | Tres Árboles |
| 75 | Pradera | Profundo | Pesada | Lento | No | Neutro | No | No | La Carolina |
| 76 | Uliginosa y monte ripario | Profundo | Pesada | Lento | Inundación intermitente | Neutro | No | No | Planicies del NE |
| 84 | Pradera | Superficial | Media | Moderado | No | Neutro | Media | No | Curtina |
| 85 | Pradera | Superficial | Media | Rápido | No | Neutro | Alta | No | Tambores |
| 88 | Pradera | Superficial | Pesada | Rápido | No | Neutro | Media | No | Paso de los Toros |
| 90 | Pradera arbolada | Media | Liviana | Rápido | No | Neutro | Media | No | - |
| 91 | Pradera arbolada | Superficial | Liviana | Excesivo | No | Ácido | Media | No | Tres Cerros |
| 92 | Bosque pradera y arbustos | Superficial | Liviana | Rápido | No | Ácido | Alta | No | - |
| 93 | Bosque y pradera y arbustos | Superficial | Liviana | Rápido | No | Neutro | Media | No | Cuesta de Pena |

Capítulo 6.4

Eco-zona.

Unidades morfo-geo-estructurales

6.4. UNIDADES MORFO-GEO-ESTRUCTURALES - ECO-ZONA

La unidad mayor de la caracterización física del territorio en la Clasificación de Paisaje con expresión espacial en Uruguay es la Eco-zona, y en la presente propuesta está definida por las grandes unidades morfo-geo-estructurales en que puede ser subdividido el país (Tabla 6.16, Figura 6.14). Para ello se ha tenido en cuenta, siguiendo el criterio de Ecomap (1993), aspectos geoestructurales, tales como horst y graben, cuencas sedimentarias, derrames basálticos y zonas de pediplanación de rocas del escudo. Para realizar esta zonificación se tuvo en cuenta, la Carta Geomorfológica del Uruguay (Panario, 1988) y la Carta Geológica del Uruguay (Preciozzi *et al.*, 1985), pero utilizando los arreglos de sitios y sus límites precisos para construir la cartografía de forma tal, que las unidades menores queden anidadas en las estructuras mayores (Tabla Anexo 0.1).

Tabla 6.16. Eco-zonas para Uruguay (unidades morfo-geo-estructurales).

| Zonas morfo-geo-estructurales | Número de polígonos | Área (ha) | % |
|-----------------------------------|---------------------|---------------|------|
| Cuesta basáltica | 10.477 | 4.299.678 | 24,6 |
| Escudo Cristalino | 5153 | 2.454.883 | 14,1 |
| Cuenca sedimentaria gondwánica | 5.764 | 2.953.188 | 16,9 |
| Isla cristalina de Rivera | 110 | 174.401 | 1,0 |
| Graben de Santa Lucía | 1.670 | 919.923 | 5,3 |
| Graben de la Laguna Merín | 2.149 | 1.605.183 | 9,2 |
| Cuenca sedimentaria del Oeste | 3.584 | 2.282.325 | 13,1 |
| Sierras del Este | 4326 | 2.577.622 | 14,8 |
| Cuenca sedimentaria del Sur-Oeste | 423 | 183.288 | 1,1 |
| | 33.656 | (a)17.450.491 | 100 |

(a) Incluye el área de las zonas urbanas.

La Carta Geológica del Uruguay (Preciozzi *et al.*, 1985, Figura 4.3) sienta las bases estructurales para la generación de Eco-zonas generadas por la agrupación de sitios a partir de la información geológica obtenida de las unidades de suelos CONEAT lo que incrementa significativamente su precisión a nivel de terreno y permite ajustar las zonas de transición en función de los materiales aflorantes que dominan en dichas transiciones.

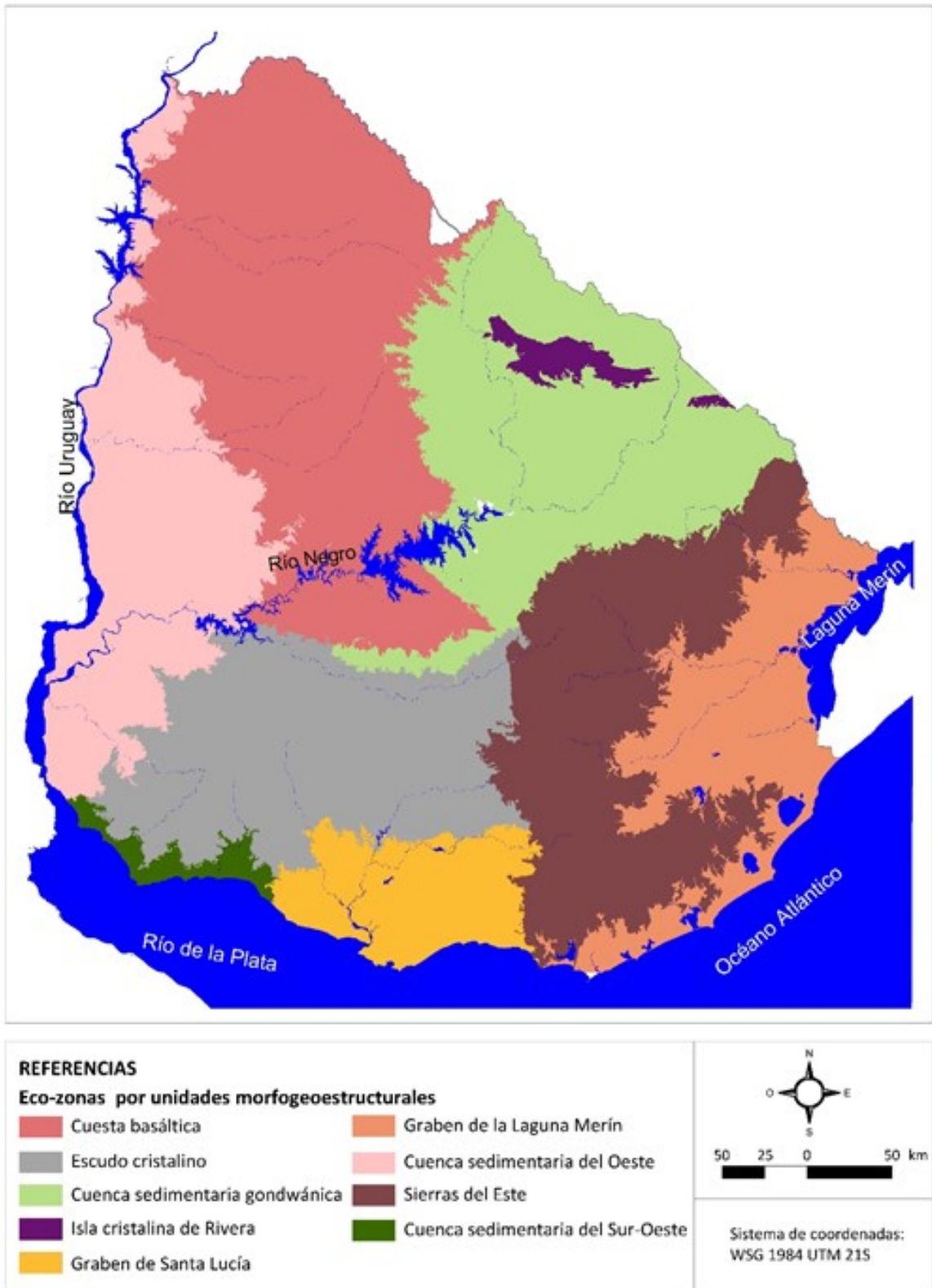


Figura 6.14. Distribución espacial de las Eco-zonas en el Sistema de Clasificación de Paisajes de Uruguay (Panario y Gutiérrez, 2011 en Panario et al., 2011).

Dentro de esta zonificación puede resaltarse la existencia de dos graben como son el de la Laguna Merín y el del Santa Lucía, la presencia de otras cuencas sedimentarias además de la mencionada de edad gondwánica, representada por una cuyos sedimentos más antiguos, son al igual que en los graben, de edad cretácica. Finalmente en el Sur-Oeste existe una zona de transición recubierta fundamentalmente por sedimentos cuaternarios, pero que además presenta rocas del escudo y sedimentos terciarios.

También existen estructuras en horst claramente definidas en el territorio, una conocida como el Cinturón don Feliciano que atraviesa la zona Este del Uruguay, con rumbo Sur-Noreste y otra denominada Isla Cristalina de Rivera, ubicada al interior de una cuenca sedimentaria de edad gondwánica (que por su pequeño tamaño no amerita una descripción en particular).

En la zona de transición o interface entre unidades contiguas, se presenta un abigarrado mosaico fuertemente interdigitado y con estructuras aisladas correspondientes a ambas Eco-zonas, con un ancho que fluctúa entre 17 a 20 kilómetros. Esta área de transición fue incorporada a una de las Eco-zonas, procurando generar unidades robustas. A estos efectos y en razón de su parentesco (mayor proporción de sitios de una u otra Eco-zona) se incorporó a la cuesta basáltica sus áreas contiguas, salvo estructuras muy aisladas y distantes. A la zona del escudo cristalino las transiciones con Sierras del Este, Cuenca Sedimentaria del Oeste, y cuenca sedimentaria del Sur Oeste. Otras transiciones como Sierras del Este y Graben de la Laguna Merín o Graben del Santa Lucía y Escudo Cristalino fueron más nítidas como era de esperar de zonas de hundimiento tectónico, que han sido activas hasta tiempos relativamente recientes (Panario y Gutiérrez, 1999).

Una dificultad para establecer los límites entre zonas, radicó en el hecho de que gran parte del territorio aún conserva con espesores variables, limos eólicos cuaternarios provenientes de La Pampa, Patagonia y pre cordillera argentina. Estos depósitos según Panario y Gutiérrez (1999) han dado lugar al desarrollo de la mayoría de los suelos agrícolas, y ocupan buena parte de los paisajes suavemente ondulados (Distrito Plano). A su vez, dichas formaciones loésicas recubren diferentes materiales geológicos que luego se tornan aflorantes o casi aflorantes en las laderas medias y bajas. Por tanto, todas las zonas limítrofes entre relieves suaves, presentan sitios iguales en la mayor parte de su superficie, aunque el padrón de sitios sea diferente. El criterio de separación utilizado tomó en cuenta el sustrato aflorante para incorporarlas a una u otra zona.

Estas zonas de transición, deberán ser particularmente tenidas en cuenta a los efectos de la conservación, en la medida en que en ellas se presentan una mayor diversidad de ambientes distribuidos en un área relativamente menor.

En una primera regionalización realizada con criterios similares por Panario (1988) y ajustada en sus límites para la presente tesis (Panario *et al.*, 2011), se observa que da cuenta de la variabilidad funcional de los ecosistemas de Uruguay, y en particular de los pastizales, en términos de los patrones temporales de producción primaria (Baeza *et al.*, 2006). En el trabajo de Baeza *et al.* (2006) se caracterizaron los ecosistemas del Uruguay en base a la curva estacional del Índice Verde Normalizado (IVN, estimador de producción primaria) a partir del análisis de 20 años de imágenes de los satélites NOAA/AVHRR (1981-2000). En función de tres descriptores, la curva estacional de IVN, integral anual (i.e., estimador de la productividad primaria neta aérea anual), el mes de máximo valor y el rango relativo anual, se pudo clasificar cada porción del territorio uruguayo en seis tipos funcionales de ecosistema. Baeza *et al.* (2006) mostraron que la espacialización de estos tipos funcionales se correlacionó fuertemente con la distribución de las eco-zonas de Panario (1988) y Panario *et al.* (2011). Esto sugiere que la regionalización física empleada en este trabajo (i.e., Panario *et al.*, 2011), da cuenta a la vez de una regionalización funcional.

6.4.1. EL MARCO ESTRUCTURAL

La evolución del paisaje en Uruguay presenta diferentes características básicamente como consecuencia del marco estructural y principalmente debido al tamaño de su territorio, que sugiere que las condiciones climáticas eran relativamente uniformes para el total de la superficie del país para cada período estudiado.

Las siguientes ocho unidades estructurales presentan casi en la totalidad de la extensión del país, claramente zonas de transición, de 17 a 20 km de ancho, con la excepción de la margen Oeste de la Región Sierras del Este y el Río Uruguay (la frontera con Argentina), que no permite la definición del límite a una escala cartográfica. En la presente representación gráfica, los límites fueron determinados mediante cambios en la respuesta espectral de las imágenes Landsat a la escala escogida.

6.4.2. CARACTERÍSTICAS DEL PAISAJE DE LAS DIFERENTES REGIONES MORFO-GEO-ESTRUCTURALES

- **Cuenca sedimentaria gondwánica**

Esta cuenca sedimentaria situada al noreste del país se encontraba estabilizada en términos de la acumulación de sedimentos desde tiempos muy anteriores a aquellos que moldearon el paisaje, lo que permitió la expresión de procesos de acuerdo a la resistencia del material pre-existente. La ausencia de procesos de acumulación posteriores de cierta relevancia sugiere que el potencial morfogenético de la región no ha cambiado durante el Cuaternario, cuando la mayor incisión del paisaje tuvo lugar, y por lo tanto está compuesta de lomadas de pendientes fuertes y colinas. De acuerdo a

Panario (1988) una gran porción de las principales líneas de drenaje nacen en los remanentes del frente de la cuesta basáltica como ha sido descrita en Sierra de Ríos, lo que sugiere que el rol del levantamiento de la Isla Cristalina de Rivera (**Figura 6.14**) en el modelado del relieve fue de importancia secundaria.

- **Cuesta basáltica**

Para esta unidad los principales eventos estructurales registrados en la región son las inclinaciones de los flujos de basalto de la Fm. Arapey (de edad Cretácica). Ellos proveen a la región de una estructura dominante de cuesta con frente orientado al Este (ver **Figura 6.14**). Estos flujos cubrieron rocas sedimentarias de la mencionada cuenca.

Las características de estos flujos de lava son una dominancia de estructuras horizontales y la fuerte resistencia al entalle de la roca fresca, que ha favorecido la preservación en esta región de las formas planas, lo cual ha generado dudas acerca del origen morfoclimático de estas formas. Aun así, cuando una menor resistencia a la meteorización está disponible, se encuentran amplias colinas y lomadas sin superficies planas. Varias sierras más altas, como el Cerro Travieso, han perdido su superficie planar superior. En aquellas regiones donde el flujo de basalto tiene una cierta inclinación, las superficies planas ocurren con bordes relativamente paralelos, lo que en general se interpreta como de origen erosivo. Con la excepción de la zona de acumulación de alteritas, los suelos en estas áreas son muy delgados (**Figura 6.15**) lo



Figura 6.15. Paisaje extremadamente plano con suelos superficiales en la zona basáltica del Norte de Uruguay, formado a partir de un glacis de erosión.

que ha favorecido un retroceso de las pendientes de tipo cóncavo, característico del dominio de procesos de erosión bajo condiciones semiáridas (**Figura 6.16**). Algunas de las superficies de acumulación, como los glacis de acumulación, están levemente disectadas, generando lomadas suaves en las divisorias, como en Recta de Cunha.

- **Cuenca sedimentaria Oeste**

Esta unidad está compuesta de paquetes gruesos de areniscas cretácicas y sedimentos triásicos y una cobertura cuaternaria muy delgada. Esta cuenca sedimentaria también está relacionada a tectónica Cretácica, posiblemente en concordancia con la inclinación de la cuesta basáltica (ver **Figura 6.14**).

Como en las unidades previas, esta cuenca recibió únicamente pequeños aportes de sedimentos durante el Cuaternario y por lo tanto, las líneas de drenaje se volvieron más encajadas aquí que en las cuencas tectónicas del Sur y Suroeste. La frecuente ocurrencia de capas de diferentes durezas dentro de los sedimentos acumulados, usualmente formada por pavimentos de bloques, es el resultado de la regresión de escarpas durante épocas previas, de las cuales quedan muy pocos relictos, como el



Figura 6.16. Retroceso de escarpa con perfil cóncavo recesional característico de la zona basáltica de Uruguay.

Cerro del Clavel, o pequeñas elevaciones de las ferricretas llamadas Areniscas de Asencio, o duricretas calcáreas sub-horizontales con bordes escarpados, cuando se preservan superficies de suficiente extensión, y generan divisiones onduladas intercuenca, como aquellas situadas en Camino de la Cuchilla, Departamento de Río Negro. Cuando esta superficie es más pequeña, se presentan lomadas tabulares, y cuando el retroceso de la escarpa permitió la formación de un nuevo paisaje en niveles más bajos, se dan valles levemente ondulados, generalmente con mucha expresión espacial, como los que existen en el Departamento de Río Negro (Mellizos), las cuencas de los Ríos Sánchez Grande y Sánchez Chico, y Quebracho, en el Departamento de Paysandú.

- **Cuenca sedimentaria del Suroeste**

Hacia el Suroeste se encuentra otra cuenca sedimentaria de menor significancia (ver **Figura 6.14**), basados en su extensión territorial al igual que en el espesor de sus acumulaciones sedimentarias, principalmente depósitos muy espesos del Terciario y Cuaternario.

Esta región ha actuado como una cuenca receptora de sedimentos hasta tiempos recientes, Cuaternario Medio tardío. La disección actual del paisaje no concuerda con su potencial morfogenético o la fragilidad de los materiales que la componen, lo que sugiere que podría haber sido afectada por un levantamiento tectónico hasta tiempos muy recientes. Esta hipótesis se apoya en la existencia de paleo-líneas de costa y lagunas costeras que están claramente rellenas de sedimentos incluso en elevaciones por encima del actual nivel del mar, la ocurrencia de unidades marinas como la Fm. Camacho varios metros arriba de sus unidades correspondientes en Argentina (Fm. Paraná) y, a diferentes niveles en Uruguay (Antón y Goso, 1974), arroyos que todavía tienen capacidad de incisión en materiales no consolidados, y depósitos marinos Cuaternarios que ocurren a alturas mayores que aquellos hallados en el resto del país. Este proceso de levantamiento es posible que se continúe hacia el este, por lo menos a lo largo de la franja costera hasta el Graben de la Laguna Merín.

- **Graben de Santa Lucía**

Hacia el Sur se encuentra el Graben de Santa Lucía (ver **Figura 6.14**), probablemente una de las dos cuencas cretácicas más importantes dentro de la porción continental del país, desde el punto de vista de los sedimentos Cretácicos, Terciarios y Cuaternarios que se incluyen en ella. La subsidencia y sedimentación fueron muy activos en el Graben de Santa Lucía hasta el Cuaternario Temprano. Esto quiere decir que no tenía potencial morfogenético en este período y que luego de esto, tal potencial fue muy reducido, lo que determinó un paisaje compuesto principalmente por lomadas suaves, con la excepción de aquellas halladas en las márgenes de la cuenca y el alto de Santa Rosa (Rosello *et al.*, 2000).

- **Graben de la Laguna Merín**

Hacia el Este se encuentra otra cuenca de hundimiento tectónico de similar tamaño y edad de comienzo del evento (ver **Figura 6.14**), esta cuenca, sin embargo, presenta sedimentos terciarios y cretácicos en su lado continental como los materiales más antiguos. En las Sierras del Este y la Cuenca Tectónica de la Laguna Merín, se encuentra un sistema de colinas y lomadas, que están compuestas por rocas cristalinas con una delgada cobertura cuaternaria, cuya génesis podría estar relacionada a los eventos tectónicos que formaron la cuenca. Estudios en la plataforma continental uruguaya en la región han demostrado que esta fosa tiene materiales cuya edad también se remonta al Cretácico (Rosello *et al.*, 2000) sus características geomorfológicas han permitido la interpretación de que ha estado activa hasta tiempos presentes, con sedimentos orgánicos en sus áreas más deprimidas. La captura de parte de la Cuenca del Río Cebollatí durante el Holoceno (Bracco *et al.*, 2012) es una clara demostración de su actividad reciente, comparada con la cuenca Tectónica del Santa Lucía, al igual que otras pequeñas cuencas localizadas entre ambas, como Valle Fuente, Valle Aiguá, que fueron remodeladas durante el Pleistoceno.

La naturaleza de sus sedimentos, su evolución diagenética, y la resistencia de los materiales consolidados y cristalinos a la meteorización así como el potencial morfogenético de cada una de estas regiones son las condiciones que son responsables por su perfil geomorfológico.

El paisaje de esta región es prácticamente plano, debido a su casi nulo potencial morfogenético. La deposición de sedimentos del Pleistoceno y el Holoceno en ella se desarrolla mayormente bajo la forma de terrazas sedimentarias escarpadas, lo que permite la identificación de al menos cuatro niveles de planicies separadas por quiebres en su pendientes, variando de algunos centímetros a unos cuantos decímetros.

- **Escudo cristalino**

La Región Centro Sur es ocupada por rocas pertenecientes al Escudo precámbrico Brasileño (ver **Figura 6.14**) que se han mantenido relativamente estables hasta por lo menos el Cretácico. Estas condiciones relativamente estables, al igual que las características de los sistemas morfoclimáticos dominantes en el área desde aquellos tiempos, le han imprimido un aspecto “senil” al paisaje, que determinó que Chebataroff (1955) lo describiera como “penillanura cristalina”, en concordancia con las interpretaciones genéticas de sus tiempos. En el presente puede ser definida como planicies diseccionadas y re-trabajadas.

Los períodos áridos y semiáridos que ocurrieron con cortas interrupciones durante la mayor parte del Terciario y el Cuaternario deben haber transformado el paleopaisaje en planicies de erosión con unas pocas elevaciones suaves locales, características de

rocas cristalinas. Durante el Cuaternario Temprano, esta área recibió coberturas sedimentarias de alteritas provenientes del área de sierras, estos materiales todavía se preservan en los principales interfluvios. Luego de su formación, este pedimento fue fuertemente disectado, proceso favorecido por los profundos procesos de meteorización generados durante el Eoceno (Panario y Gutiérrez, 1999) e incluso más tempranos. Esta disección produjo un relieve ondulado, interrumpido por lomadas suaves en los interfluvios en áreas con espesas acumulaciones del Cuaternario.

- **Sierras del Este**

Esta región está compuesta por estructuras dobladas emergidas y otros rasgos elevados como el Cinturón Don Feliciano, del cual el más antiguo es el Macizo de Carapé que corresponde a la mayor divisoria de aguas en la región (ver **Figura 6.14**), debido al hecho que las líneas de drenaje que tienen sus fuentes en la región atraviesan otros rasgos, incluyendo granitos deformados y cuarcitas de las cadenas de Sierra de la Ballena y Sierra de las Cañas.

Esta unidad representa el paisaje con mayor energía potencial. No obstante, la porción superior de las Sierras exhibe superficies planas, lo que corresponde a un proceso de planación muy antiguo desarrollado probablemente durante el Cretácico o incluso antes, junto con otros de menor elevación que pueden haber sido formados durante el Terciario Medio. Este grupo de elevaciones muestra una clara orientación SO-NE y habrían actuado como una región montañosa de la parte más austral del Escudo Brasileiro a partir del cual se tallaron los glaciares, proveyendo la mayor parte de los materiales de relleno sedimentario de los Graben de Santa Lucía y de la Laguna Merín.

Dentro de esta área, se encuentran ciertas áreas de deformación tectónica descendente que generaron valles quebrados, como Valle Fuentes y Valle Aiguá.

6.4.3. PALEOSUPERFICIES

- **Paleosuperficies Gondwánicas**

La paleosuperficie más alta en los Batolitos Graníticos (ver *“Geología Precámbrica”*, pág. 76) se localiza en las exposiciones de granitos con dos “treppen”, *sensu* Penck (1953). La segunda superficie se localiza sobre granitos profundamente meteorizados. Estas superficies podrían ser de la misma edad, o alternativamente de muy similar edad, con muy poco tiempo de diferencia entre sus formaciones.

Existen obvios problemas de datación concernientes a las paleosuperficies, y todavía no se ha establecido una correlación con el Sur de Brasil.

La existencia de una explosión volcánica en esta región con edades Ar^{40}/Ar^{39} de 130 a 128 Ma (Cernuschi y Rodillo, 2011), y la falta de evidencia de esto en superficies antiguas, sugiere que estas superficies son superficies de planación, probablemente

planicies de abrasión, que posteriormente sufrieron una intensa denudación, presumiblemente desde el Oligoceno hasta el Pleistoceno pero para esto, es necesario asumir una tasa de denudación de 5 m a 10 m por millón de años, únicamente posible bajo condiciones extremadamente estables.

La primera paleosuperficie se localiza aproximadamente entre 320 a 500 msnm., mientras que la segunda se encuentra entre 280 y 320 msnm.

La diferencia de elevación entre una y otra es muy poco, pero esto no sería demasiado extraño en una zona tectónicamente estable, tal es el caso de las sierras de Tandilia y Ventania de la Provincia de Buenos Aires en Argentina (Demoulin *et al.*, 2005; Rabassa *et al.*, 1999, 2005, 2010).

El Cerro Campanero, en el Departamento de Lavalleja, muestra un perfecto ejemplo de remanentes de frentes de meteorización, sobre los cuales núcleos rocosos han sido abandonados luego de la remoción de los materiales meteorizados. Algunos de estos núcleos son parte de colinas desmanteladas (**Figura 6.17**), y algunos de ellos también pueden haber alcanzado el estado de “rocking stones” durante su evolución. Hacia el noroeste en la **Figura 6.18**, se observa claramente la llanura de la supuesta paleosuperficie gondwánica expuesta, formando el horizonte, con muy poco relieve local, como fuera mencionado antes.

En la parte norte del país los inselbergs modelados sobre basaltos de la Fm. Arapey comprueban que se desarrollaron luego de la erupción de estas rocas (Cretácico Temprano). En una altitud más baja en comparación con estos rasgos relictuales, pero en concordancia con ellos, se han descrito superficies degradadas asignadas a climas áridos, nombradas “Charqueada” (Antón, 1975). Este nombre fue dado a estas superficies debido a su ocurrencia en el Departamento de Artigas donde se encuentran estos rasgos, extendiéndose hacia las Sierras del Este y Noreste. Actualmente se considera que esta superficie puede ser subdividida en dos unidades separadas por un entalle. Se propone aquí la denominación de “Charqueada I” a la más alta y supuestamente más antigua, y “Charqueada II” para la más baja y más joven. Los escasos suelos preservados en la parte superior de estas superficies son del tipo mineral, rojizos, lo que indica una muy fuerte meteorización producida bajo condiciones climáticas cálidas, y ambientes por lo menos estacionalmente muy húmedos. La mayoría de estos suelos ocurren en posiciones tales que indican procesos coluviales asociados a pendientes y valles. Sin embargo, debería tenerse en cuenta que estos suelos son quizás el resultado de la superposición de varios procesos de generación de alteritas rojas (lateritización). En la segunda paleosuperficie, que ocurre en un nivel más bajo, los suelos aparecen mejor desarrollados, aunque son formados sobre un material pardo, algunas veces son molisoles más o menos lixiviados. Estas paleosuperficies son claramente expuestas cuando las cimas de las sierras locales son conectadas gráficamente, como las Sierras de Aiguá y Yerbal en el Este.

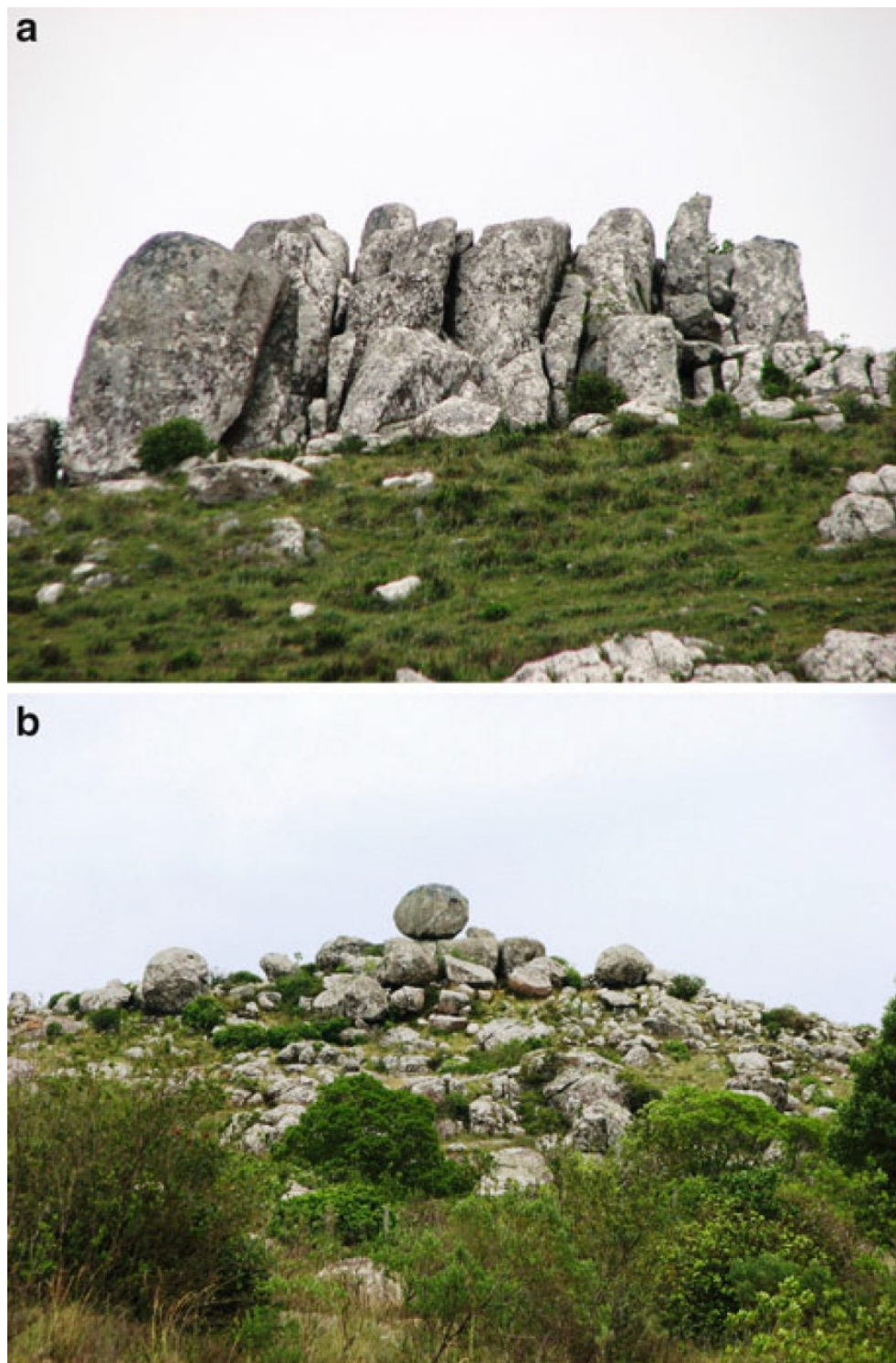


Figura 6.17. Ejemplos de tors (a) y corestones (b) que pueden ser observados en rocas graníticas en la cima de las colinas de las Sierras de Carapé.

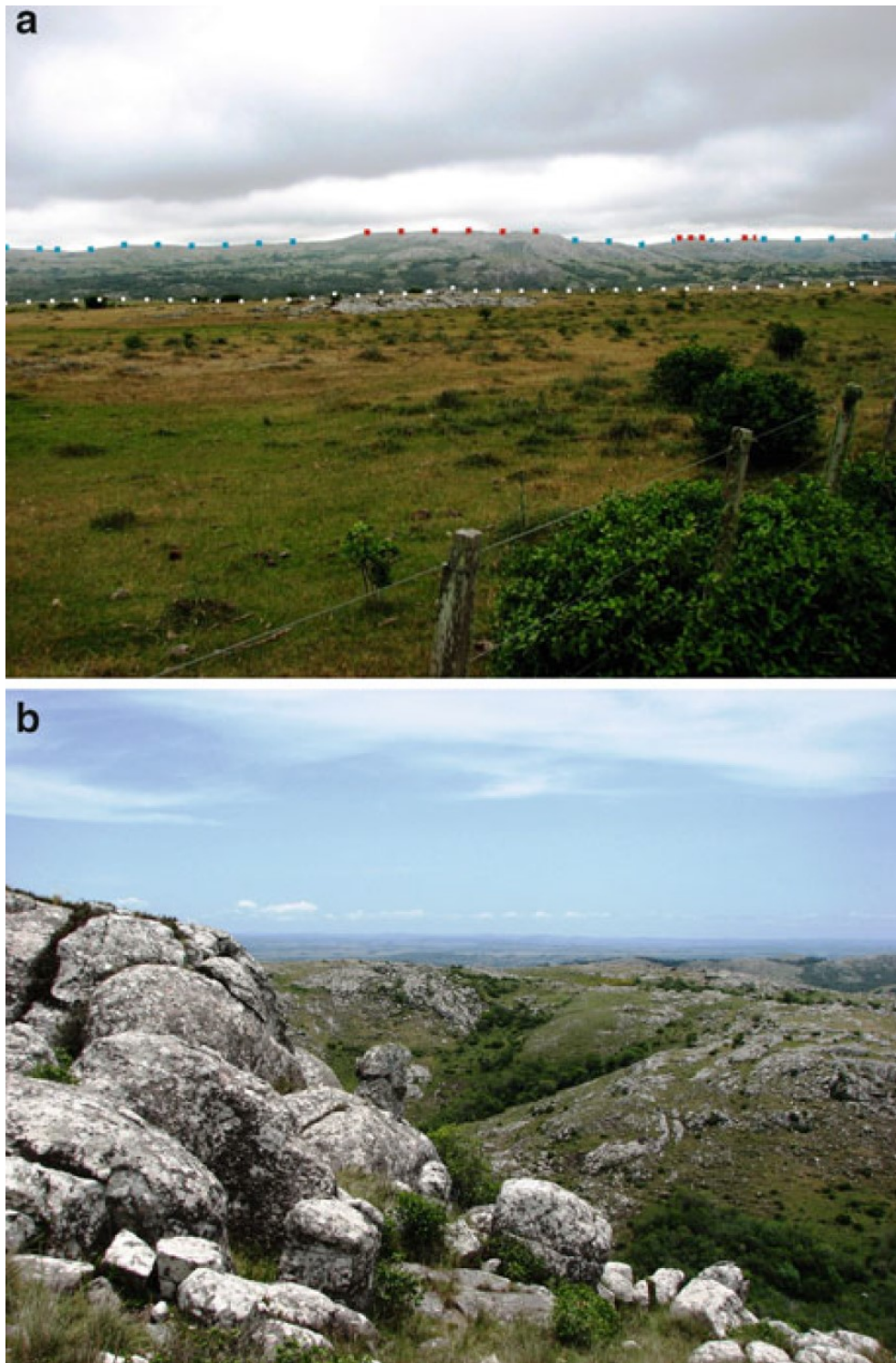


Figura 6.18. (a) la línea punteada señala el cambio en la superficie del paisaje. Arriba se encuentran relictos de dos paleosuperficies señalados por la línea punteada celeste (la más baja) y la línea punteada roja (la más alta). La poca diferencia de relieve entre ambas sugiere que estas dos superficies son coetáneas o separadas por un muy corto lapso de tiempo. (b) vista panorámica de la superficie topográfica superior, en la que se pueden observar las superficies más bajas.

No obstante, la acción tectónica ha deformado estos paisajes en gran medida debido a su antigüedad. Por lo tanto los sedimentos suprayacentes no siempre se preservan, haciendo muy difícil la correlación de superficies relictuales. El posterior transporte y relocación de los sedimentos hacen aún más cuestionable su identificación y correlación. Precisamente el entalle y desarrollo de una nueva superficie no congela la evolución de la más antigua, por el contrario, lo puede acelerar, aunque bajo condiciones diversas respecto a las originales, y frecuentemente removiendo sedimentos de la superficie más antigua a las más bajas. Los períodos húmedos responsables por el entalle que separa las superficies Charqueada I y II, y otras superficies de la región (Masoller), pueden haber sido los responsables de la ya mencionada formación de alteritas rojas durante el Eoceno. Cuando estas superficies sufrieron la acción de períodos alternados de climas húmedos y secos, dieron origen a la mayor parte del relieve de la Región de las Sierras del Este, que habían sido previamente levantadas por procesos tectónicos. Cuando la incisión de los valles no afectó la superficie superior, se formaron sierras aplanadas (campos altos *sensu* Sombroek, 1969). Contrariamente cuando la incisión de los valles afectó la superficie superior se desarrollaron paisajes típicos de sierras (sierras escarpadas).

- **Paleosuperficies Cenozoicas**

Separadas de las superficies más antiguas por un entalle, quizás favorecido por los procesos de alteración del Eoceno, existe otra superficie de similar génesis (morfogénesis árida), que fue nombrada Superficie Masoller por Antón (1975). Los glaciares de erosión y acumulación que la formaron se encuentran en varias localidades, como puede observarse en el mapa geomorfológico de Antón (1975). De acuerdo a Panario y Gutiérrez (1999) esta superficie puede ser asignada a un proceso de planación más intenso que se desarrolló durante períodos de clima semiáridos en el Terciario (quizás el Oligoceno), simultáneamente con conglomerados, calizas y depósitos eólicos de la Fm. Fray Bentos. Estos procesos continuaron durante el Plioceno, cuando se formaron depósitos fluviales también de condiciones semiáridas, tales como conglomerados y areniscas de las Formaciones Salto y Raigón.

Los depósitos de las formaciones Salto e Ituzaingó han sido definidos como de clima subtropical por varios autores (Iriando, 1980; Jalfin, 1988; Herbst, 2000). Sin embargo debería ser tenido en consideración que la Cuenca del Río de la Plata se extiende por una amplia banda latitudinal, alcanzando latitudes más altas en su desembocadura. Por tanto, incluso si la proveniencia de materiales es de áreas tropicales o subtropicales las condiciones de las áreas depositacionales pueden ser muy diferentes.

Las Formaciones Salto y Raigón presentan una alta variabilidad de materiales sedimentarios que indican ritmicidad ambiental. Durante su génesis, se dieron períodos de suficiente aridez que se desarrollaron de manera tal de transportar y depositar materiales gruesos, y otros períodos húmedos en los cuales tuvo lugar el

transporte y deposición de los materiales finos, favoreciendo la formación de grandes glaciares. La deposición de materiales muy finos (arcillosos) parece corresponderse a ambientes lacustres, característicos de estas condiciones climáticas cuando están disponibles depresiones cerradas (Fm. Raigón). El hecho de que limos eólicos fueran incorporados aquí, sugiere que hubo algunos períodos en que, aunque sea localmente, se desarrolló una cierta cobertura vegetal, hacia la porción más tardía de este período y en coincidencia quizás con las glaciaciones tempranas mayores tuvo lugar, la deposición de la Fm. Libertad I, lo más probable bajo condiciones semiáridas. Desde un punto de vista genético, la Fm. Libertad se formó durante varios períodos glaciares del Pleistoceno, sin disconformidades internas claras, con la excepción quizás de los eventos conocidos como Libertad I y Libertad II, lo que apunta hacia unidades de loess con continua formación de suelos, como ya fuera señalado por Blasi *et al.* (2001) para condiciones similares en las Pampas Argentinas.

Entre las Formaciones Salto y Raigón y la Fm. Libertad no existe ningún entalle lo que podría estar indicando las condiciones necesarias para la disección del paisaje. La Fm. Libertad I se compone generalmente de materiales más finos que la Fm. Raigón. Esto implicaría que habría tenido lugar una pérdida de competencia de los agentes de transporte, debido a la pérdida de potencial morfogenético o cambios climáticos en la región, esta última interpretación sería la preferible. Aparentemente, la deposición de la porción final de la Fm. Libertad I habría tenido lugar bajo condiciones un tanto más húmedas, cuyos mayores relictos evidentes son los depósitos arcillosos bajo aguas someras estacionalmente confinadas, la vegetación y/o evaporación serían responsables por su deposición y la posterior meteorización de los sedimentos en arcillas montmorilloníticas. La menor cantidad de illita en relación con las esmectitas estaría indicando un clima más cálido que durante la deposición de los sedimentos de la Fm. Libertad.

La deposición de arcillas y materiales finos requieren condiciones muy particulares que están asociadas a lagos, charcas y pantanos con vegetación densa. Este último caso sería el mejor adaptado a las condiciones en este país, quizás reconstruyendo antiguas cuencas de drenaje. Luego de la deposición, debido a la dificultad para erosionar los sedimentos arcillosos, cuando el clima cambió, los canales de drenaje tendieron a entallarlas márgenes de las áreas pantanosas pero no sus depósitos. A largo plazo tuvo lugar un proceso de inversión del paisaje, quedando los materiales arcillosos en las áreas más altas. Considerando las unidades de la zona cristalina, Risso y La Carolina, en el mapa de suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000 (Dirección de Suelos y Fertilizantes, 1976), ambas pueden tomarse como una única unidad ya que son zonas de vertisoles y suelos dominados por montmorillonita cálcica. En efecto una paleocuenca puede ser reconstruida, comenzando en las Sierras del Este, extendiéndose hacia el Sur y el Oeste hasta aproximadamente la actual desembocadura del Río Uruguay (Panario y Gutiérrez, 1999). El período seco en el que

tuvo lugar la deposición de la Fm. Libertad I estaría asociado a los períodos glaciares al comienzo del Pleistoceno, cuando el bajo nivel del mar estuvo relacionado con un período seco. El aumento del potencial morfogenético que implica un descenso del nivel del mar, lo que se compensa en las zonas secas por una disminución del potencial de erosión de los cursos, debido a una pérdida capacidad de carga detrítica. El entalle en estas condiciones se habría dado en períodos más húmedos al final de las glaciaciones, antes del aumento del nivel del mar. La alternancia de los subsecuentes períodos climáticos modelaron las superficies así formadas, dando origen a la mayor parte de las colinas suaves y lomadas como las desarrolladas en la Cuchilla Grande. Algunos relictos de estas superficies son hallados en la ciudad de Montevideo (La Tabla, entre otros), conectados a inselbergs de posición como el Cerrito de la Victoria. La alta energía del paisaje serrano puede ser atribuida a los sucesivos períodos de entalle que efectuaron las vías de drenaje previamente establecidas, lo que forzó cambios frecuentes en la inclinación de la pendiente y en el paisaje. En aquellos lugares donde las formas del paisaje se deben a la resistencia en las rocas se preservaron planicies altas de mayor dimensión espacial como Cuaró, Recta de Cuña y Masoller en el norte. Luego de la formación de estas superficies tuvieron lugar transgresiones marinas, desde entonces, la alternancia de climas húmedos-secos y cálidos-fríos relacionada con los períodos glaciares-interglaciares representan las condiciones dominantes durante el resto del Pleistoceno y el Holoceno Temprano.

6.4.4. CONSIDERACIONES FINALES

La existencia de relictos de paleosuperficies pre-Cenozoicas ha sido ampliamente discutida desde los puntos de vista del neo-Darwinismo y la termodinámica clásica (corrientes neo-Davisianas), y aún continua versus otros abordajes teóricos de la geomorfología moderna basados en la termodinámica de sistemas abiertos. Aunque las edades absolutas de las superficies más antiguas son difíciles de establecer con el actual estado del arte, se pueden obtener algunos resultados.

- Por primera vez se ha presentado la naturaleza, características y distribución de los paisajes del Gondwana en Uruguay en el marco de una evolución a largo plazo del paisaje de este país.
- Se han presentado las diferentes unidades estratigráficas encontradas en las distintas regiones morfoestructurales de Uruguay y su relación con la ocurrencia y distribución de los paisajes y las formas ha sido discutida y analizada.
- Varios rasgos emergieron de este análisis. Los flujos de lava del Cretácico de la porción norte del país muestran una clara inclinación.
- En las áreas topográficamente más altas, puede observarse la existencia de relictos de paleosuperficies con escarpas regresivas, talladas en las porciones superiores de los flujos de basalto, por lo tanto más jóvenes.

- Las áreas topográficamente más bajas de los flujos de lava Cretácicos inclinados están recubiertas por depósitos fluviales pertenecientes a una cuenca sedimentaria del Cretácico Medio, claramente separada genéticamente por la escarpa.
- Parte de los sedimentos aquí presentes están relacionados a procesos de denudación que originaron los relictos. Así puede asumirse claramente la existencia de una extensa superficie de edad del Cretácico Tardío.
- En aquellos lugares donde las lavas Cretácicas están por encima de los márgenes occidentales del Cinturón Don Feliciano, se encuentran a alrededor de 200 msnm, mientras que las elevaciones máximas de estas estructuras y su correspondiente paleosuperficie puede alcanzar 500 msnm, lo que podría interpretarse como de edades cretácicas Tempranas o incluso pre-cretácicas, en las que se encuentran corestones, tors y otros rasgos que indican profundos mantos de alteración pre-existentes sobre rocas graníticas y cuarzosas.
- La existencia de sedimentos glaciares del Pérmico-Carbonífero del tipo de glaciación de montaña sugieren que ya existían cimas de montaña muy altas en esos tiempos. Por otro lado la ocurrencia de clastos de ferricretas Eocénicas en la matriz de depósitos eólicos finos del Oligoceno y la distribución de superficies enmarcadas por corazas de hierro a elevaciones correspondientes a la planación general del paisaje durante un período semiárido del Oligoceno, también concuerda con la extensa planación del paisaje emergido.
- Serán indudablemente necesarias dataciones absolutas y/o correlaciones claras entre paleosuperficies de la margen pasiva de Sudamérica con otras superficies genética y geográficamente relacionadas en otras partes de Sudamérica y el Sur de África a efectos de establecer una cronosecuencia genética confiable.

El estudio de la proveniencia de los sedimentos cretácicos y pre-cretácicos también sería un aporte significativo para a futuro poder entender el momento del desarrollo y denudación de estos antiguos paisajes.

Las áreas cratónicas de Uruguay fueron afectadas por una profunda meteorización química quizás durante un millón de años en el Mesozoico Tardío y el Paleógeno Temprano. Una enorme cobertura de saprolito, quizás de varios cientos de metros de espesor, fue removida por denudación subaérea durante el Terciario. La mayoría de estos productos de meteorización yacen hoy en día en los alrededores de las cuencas oceánicas. Las secuencias sedimentarias de estas cuencas marinas nos informará acerca de las características y espesor de estos materiales meteorizados, pero el entender estos antiguos procesos de meteorización nos permitirá interpretar la proveniencia, naturaleza y edad de los rellenos sedimentarias de estas cuencas. Claro está que los estudios regionales de la geomorfología de las áreas cratónicas de Uruguay deberían hacerse en conjunto con la investigación de las cuencas marinas del Océano Atlántico Sur.

Capítulo 6.5

Eco-regiones. Uniendo el paisaje y la biodiversidad a una escala de planificación

6.5. ECO-REGIONES. UNIENDO EL PAISAJE Y LA BIODIVERSIDAD A UNA ESCALA DE PLANIFICACIÓN

La identificación de regiones ecológicamente homogéneas dentro de un territorio constituye un insumo de utilidad para la planificación y gestión ambiental. Este capítulo resume los principales resultados de la propuesta de Eco-regionalización de Uruguay integrando las dimensiones física y biológica al análisis del paisaje (**Tabla 6.17**, **Figura 6.19**).

Tabla 6.17. Eco-regiones para Uruguay (unidades bio-geo-físicas).

| Eco-región | Superficie total (ha) | % |
|--------------------------------|-----------------------|------------|
| Cuesta basáltica | 4.378.749 | 24,9 |
| Cuenca sedimentaria gondwánica | 3.107.084 | 17,7 |
| Cuenca Sedimentaria del Oeste | 2.088.840 | 11,9 |
| Escudo cristalino | 2.851.087 | 16,2 |
| Graben de la Laguna Merín | 1.749.120 | 9,9 |
| Sierras del Este | 2.627.353 | 14,9 |
| Graben de Santa Lucía | 786.287 | 4,5 |
| TOTAL | 17.588.521 | 100 |

Del análisis de las cartografías digitales de Eco-zonas (**Figura 6.14**) y Biozonas (**Figura 5.3**) en líneas generales, se observaron fuertes consensos entre la caracterización morfo-geo-estructural y los descriptores ambientales y biológicos. Cabe destacar el fuerte sustento en algunas regiones, como la zona Litoral Oeste (Cuenca sedimentaria del Oeste), la costa atlántica y humedales del Este (Eco-región Graben de la Laguna Merín), noreste del país (Eco-región Cuenca sedimentaria gondwánica), norte (Eco-región Cuesta basáltica) y zona central del país (Escudo cristalino) y Eco-región Sierra del Este. Seguramente por sus pequeñas dimensiones, dos regiones ambientales, Isla Cristalina de Rivera y Cuenca sedimentaria del Suroeste, no tuvieron claros efectos en la distribución de la biota a la escala analizada (comparar la **Figura 6.14** y la **Figura 6.19**). Por tal motivo, se decidió no considerarlas como eco-regiones, sino que contemplarlas como sub-regiones insertas en eco-regiones

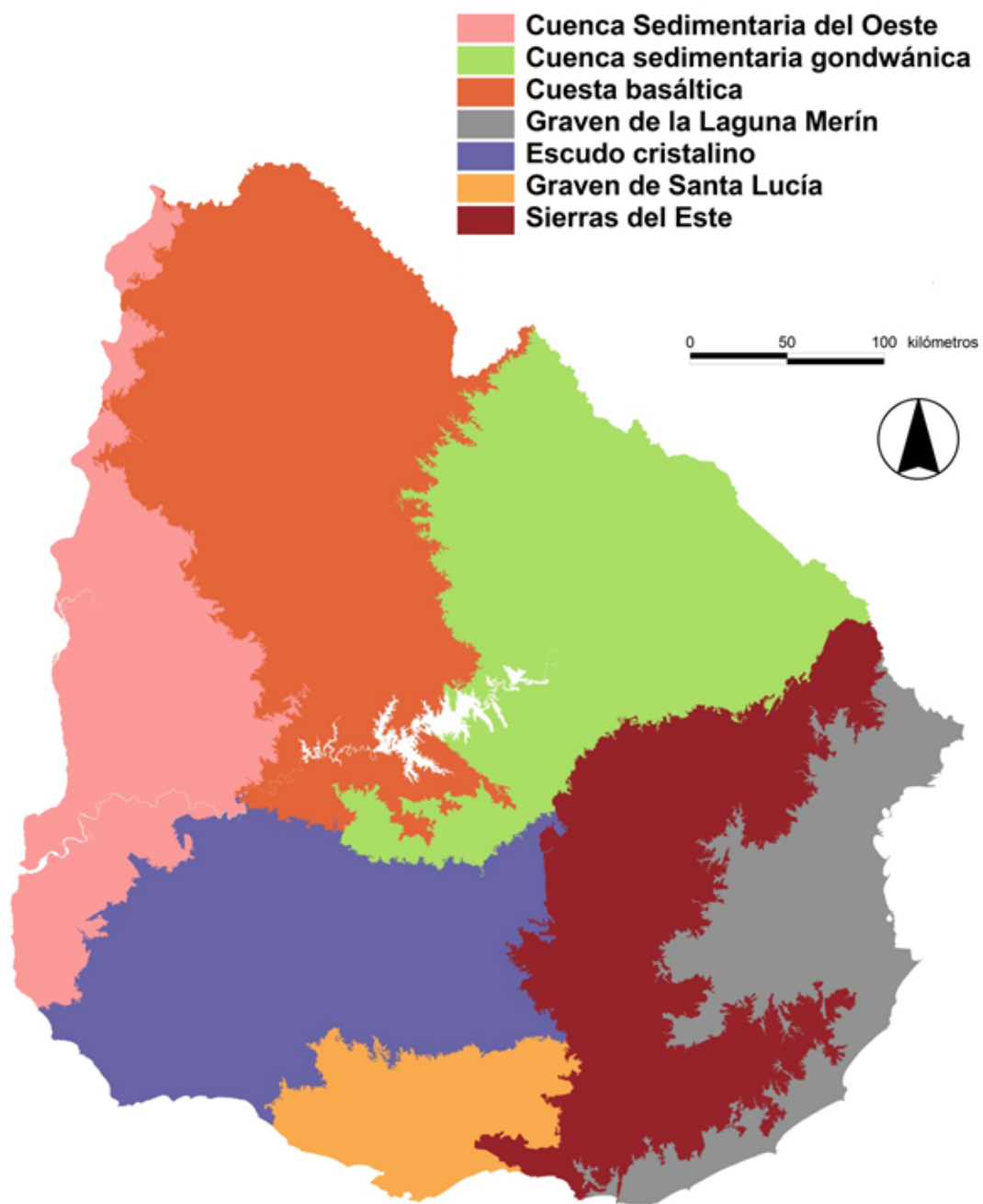


Figura 6.19. Distribución espacial de las siete Eco-regiones en el Sistema de Clasificación de Paisajes de Uruguay (elaboración Panario, Gutiérrez y Brazeiro) (Brazeiro et al., 2015).

mayores. Es decir, la Isla Cristalina de Rivera quedó incluida dentro de la Eco-región Cuenca sedimentaria gondwánica, y la Cuenca Sedimentaria del Suroeste dentro del Eco-región Escudo cristalino.

Asimismo, a los efectos de mejorar el consenso entre los límites ambientales y biológicos, se realizaron ajustes menores (<20 km) en los límites de la eco-región Litoral Oeste, principalmente en la zona Sur (límite con Cristalino). También se realizaron ajustes menores en el límite entre Sierras del Este y el Graben del Santa Lucía, básicamente se modificó la penetración de la primera región en la segunda, para dar cuenta de la distribución de reptiles y mamíferos serranos. Como este ajuste se realizó mediante la agrupación de las unidades básicas del sistema, la clasificación en todas sus categorías, es anidada y jerárquica con las unidades inferiores (Sitio y Distrito).

Finalmente se propone un esquema de regionalización que delimita 7 grandes Eco-regiones, que dan cuenta de la variabilidad geomorfológica y biótica de Uruguay. Estas eco-regiones, denominadas en función de las grandes unidades morfo-geo-estructurales, son: (1) Cuenca sedimentaria del Oeste, (2) Cuenca sedimentaria gondwánica, (3) Cuesta Basáltica, (4) Escudo Cristalino, (5) Graben de la Laguna Merín, (6) Graben de Santa Lucía y (7) Sierras del Este.

Capítulo 6.6

Estableciendo conexiones. Propuesta de
corredores de conservación

6.6. ESTABLECIENDO CONEXIONES. PROPUESTA DE CORREDORES DE CONSERVACIÓN

En este capítulo se sintetizan los principales resultados de la propuesta de Corredores de conservación lo que resulta en una primera aproximación a la delimitación de los principales corredores ecológicos de Uruguay, en el marco de un proceso de planificación eco-regional de Uruguay. El área total de superficie propuesta para estructurar una red de conservación y mantener un sistema de conectores ocupa 7.003.400 ha (~ 40%) del territorio de Uruguay (**Tabla 6.18, Figura 6.20**).

Tabla 6.18. Superficies por clase de conector a nivel de las Eco-regiones.

| Conectores (1) | Superficie (ha) | % respecto al área total de conectores | % respecto a la superficie total de Uruguay |
|------------------------------|------------------|--|---|
| Lagunas y Embalses | 65.100 | 0,9 | 0,4 |
| Valle del Río Uruguay | 158.400 | 2,3 | 0,9 |
| Valle del Río Negro | 331.400 | 4,7 | 1,9 |
| Áreas Protegidas | 194.600 | 2,8 | 1,1 |
| Montes Naturales y Humedales | 3.093.700 | 44,2 | 17,7 |
| Pastizales | 3.078.500 | 44,0 | 17,6 |
| Costero Platense Atlántico | 81.700 | 1,2 | 0,5 |
| TOTAL | 7.003.400 | 100,0 | 40,1 |

(1) Los conectores nacionales pueden quedar incluidos al interior de los regionales según sea el tipo considerado.

Fuente: elaboración propia

Del área propuesta, una parte ya tiene algún nivel de protección legal como es el caso de los valles del Río Uruguay y Negro (~3%, 489.800 ha), las Áreas Protegidas (~3%, 194.600 ha), el conector Costero Platense Atlántico (~1% 81.700 ha), y las Lagunas y Embalses (~1%, 65.100 ha) y parte de los Montes Naturales y Humedales (~44%, 3.093.700 ha). Sin embargo de los Montes Naturales, se mantiene una superficie sin protección, la que se corresponde con el área correspondiente a Sierra del Este (conector regional Sierra del Este ~1.350.500 ha, **Tabla 6.19, Figura 6.21**) por estar conformado mayoritariamente por montes serranos, que no tienen aún la debida protección. Por tanto la mayor parte del área propuesta (69%) aún no tiene protección (Gutiérrez *et al.*, 2012).

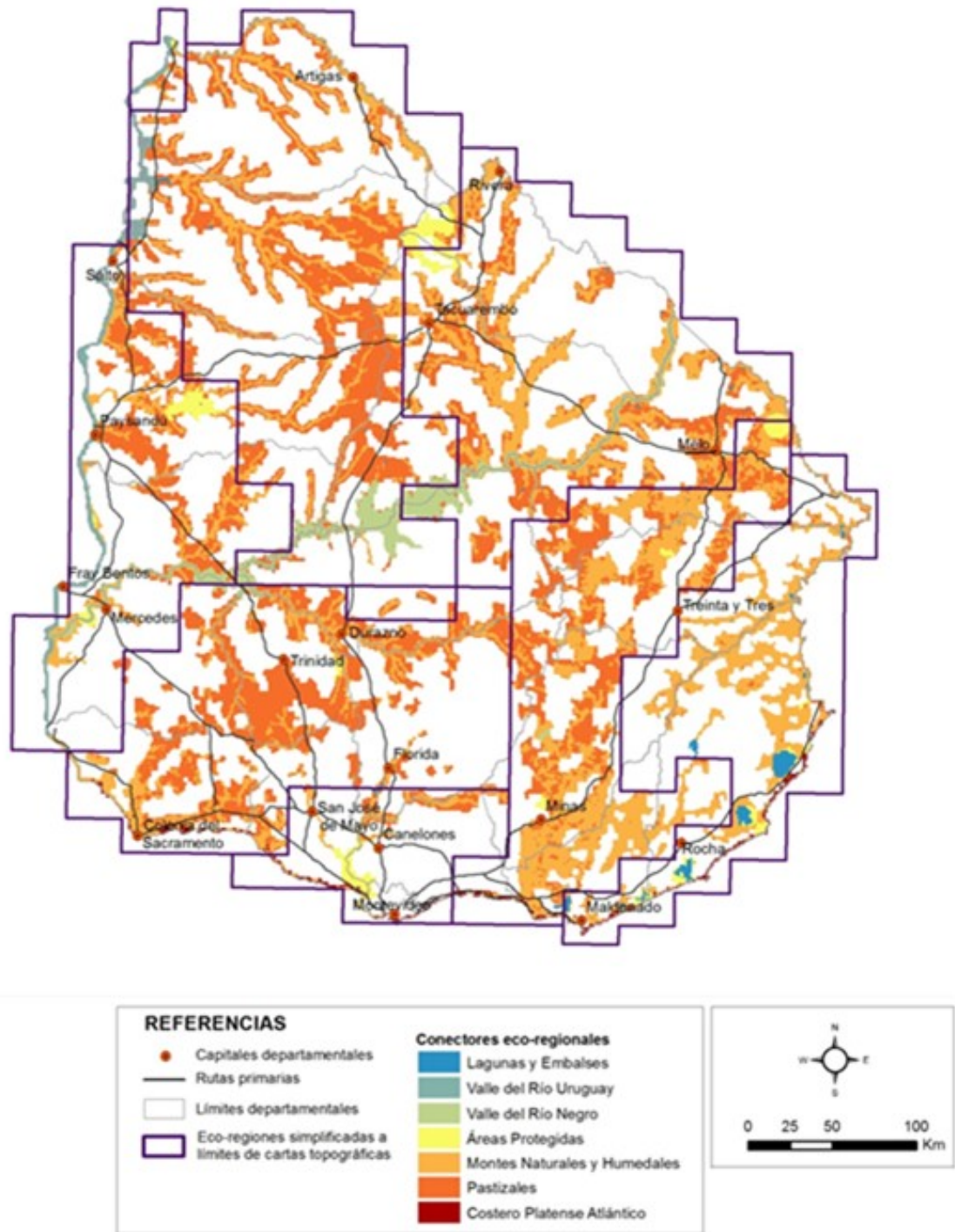


Figura 6.20. Distribución de los conectores a nivel de las Eco-regiones en Uruguay (Gutiérrez et al., 2012, 2015).

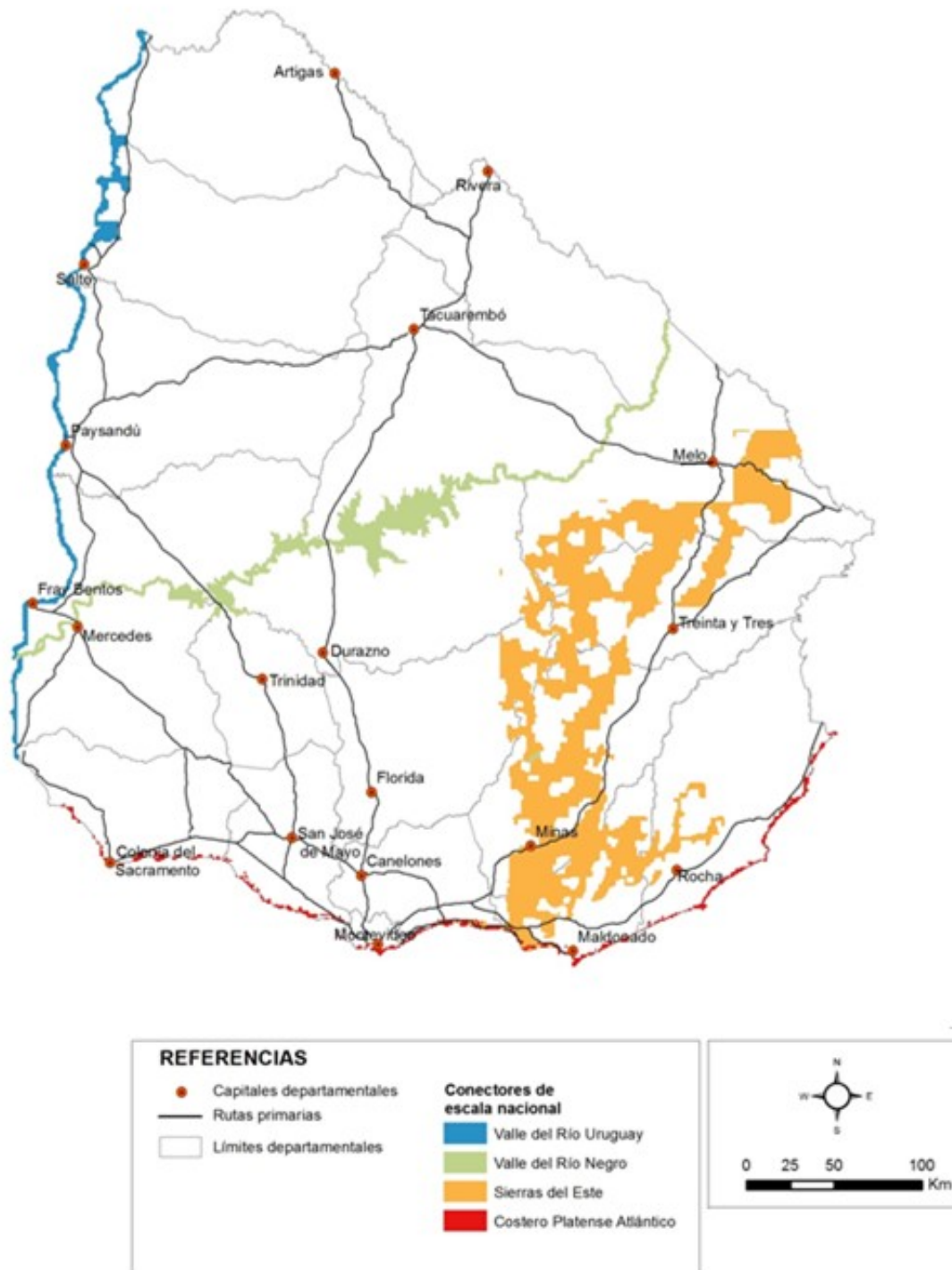


Figura 6.21. Distribución de los conectores regionales (a escala país) en Uruguay (Gutiérrez et al., 2012, 2015).

Tabla 6.19. Superficies por clase de conectores regionales (a escala país).

| Conectores | Superficie (ha) | % respecto al área total de conectores | % respecto a la superficie total de Uruguay |
|----------------------------|-----------------|--|---|
| Valle del Río Uruguay | 158.400 | 8,2 | 0,9 |
| Valle del Río Negro | 331.400 | 17,2 | 1,9 |
| Sierras del Este | 1.350.500 | 70,3 | 7,7 |
| Costero Platense Atlántico | 81.700 | 4,3 | 0,5 |
| TOTAL | 1.922.000 | 100,0 | 11,0 |

Fuente: elaboración propia

El área del total de los conectores que corresponden a los sitios priorizados para la conservación pertenecientes a Categoría 3 (Máxima prioridad) de valor de conservación (Brazeiro *et al.*, 2012), se corresponde a 1.882.200 hectáreas.

6.6.1. DISTRIBUCIÓN DE CONECTORES POR ECO-REGIÓN

Cuando se toma en cuenta las Eco-regiones, aunque aparentemente algunas de ellas tienen una superficie de conectores relativamente baja, todas ellas están adecuadamente representadas en la red de conservación en función de sus características, con un porcentaje que fluctúa entre un 17 y un 50% (Tabla 6.20). Cabe destacar que el Graben del Santa Lucía, que es la Eco-región con una menor representación proporcional se corresponde con la región más antropizada y modificada del país, por su larga historia de agricultura y la cercanía al área metropolitana de Montevideo.

Tabla 6.20. Distribución espacial de conectores por eco-región (en hectáreas), porcentaje relativo de distribución de conectores por eco-región y porcentaje relativo de superficie de conectores respecto al tamaño de cada eco-región.

| Eco-regiones | Superficie (ha) | % del área de conectores | % de la superficie de cada Eco-región |
|--------------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------------------|
| Cuesta Basáltica | 1.782.700 | 25,5 | 37,3 |
| Escudo Cristalino | 1.131.800 | 16,2 | 37,4 |
| Cuenca sedimentaria Gondwánica | 1.255.200 | 17,9 | 35,8 |
| Graben de la Laguna Merín | 585.100 | 8,4 | 24,8 |
| Cuenca Sedimentaria del Oeste | 738.800 | 10,5 | 28,3 |
| Graben del Santa Lucía | 158.700 | 2,3 | 17,3 |
| Sierras del Este | 1.351.100 | 19,3 | 49,9 |
| ÁREA TOTAL DE CONECTORES | 7.003.400 | 100,0 | ----- |

Fuente: elaboración propia

6.6.2. ALGUNOS EJEMPLOS DE CONECTORES AL INTERIOR DE UNA ECO-REGIÓN

Un análisis por Eco-región permite analizar las amenazas que se ciñen sobre cada uno de los conectores y por ende sobre la biodiversidad. A modo de ejemplo se presentan tres:

- **Conectores de la Eco-región Cuesta Basáltica**

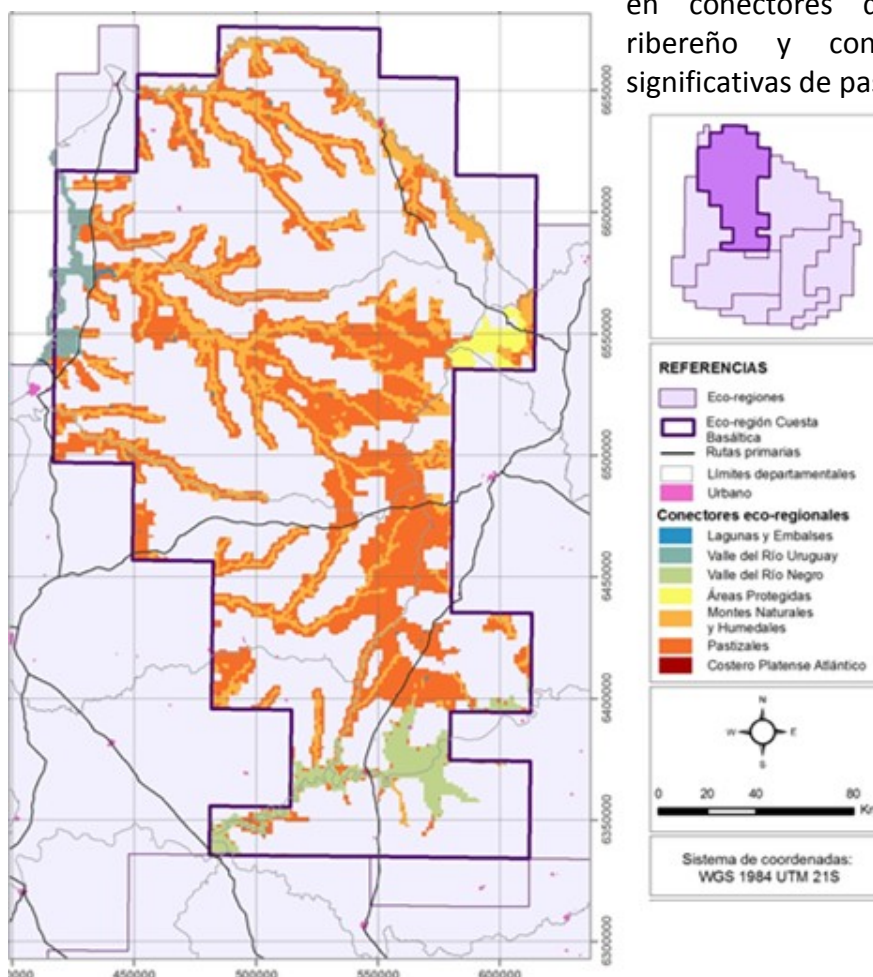
Un 37,7 % (1.782.700 ha) de la eco-región fueron identificadas como conectores (Tabla 6.21, Figura 6.22)

Tabla 6.21. Tipos de conectores para la Eco-región Cuesta Basáltica.

| Cuesta Basáltica | Superficie (ha) | % respecto a la superficie de la Eco-región |
|-----------------------------|-----------------|---|
| Lagunas y Embalses | 7.400 | 0,2 |
| Valle del Río Uruguay | 51.400 | 1,1 |
| Valle del Río Negro | 134.500 | 2,8 |
| Áreas Protegidas | 40.300 | 0,9 |
| Monte Naturales y Humedales | 557.400 | 11,8 |
| Pastizal | 991.700 | 21,0 |
| TOTAL ECO-REGIÓN | 1.782.700 | 37,7 |

Fuente: (Gutiérrez *et al.*, 2012).

Figura 6.22. Distribución espacial de conectores eco-regionales a nivel de la Eco-región Cuesta Basáltica, con énfasis en conectores de monte indígena ribereño y conectores de áreas significativas de pastizal.



- **Conectores de la Eco-región Cuenca Sedimentaria Gondwánica**

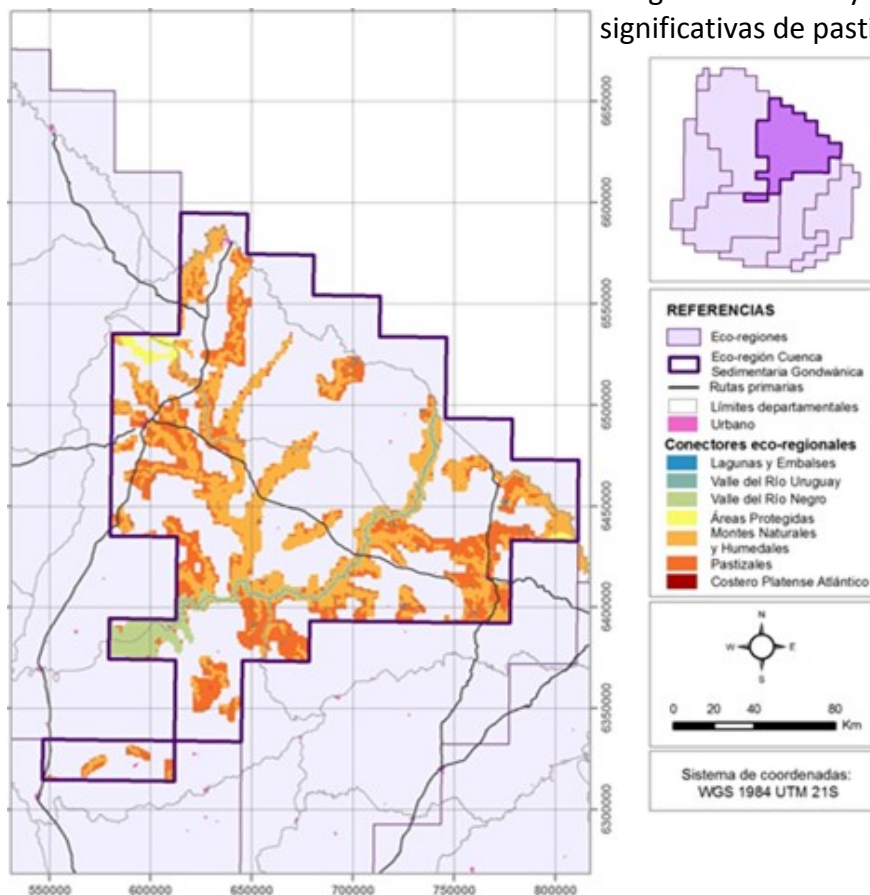
Un 35,8 % (1.255.200 ha) de la Eco-región fueron identificadas como conectores (Tabla 6.21, Figura 6.23).

Tabla 6.22. Tipos de conectores para la Eco-región Cuenca sedimentaria gondwánica.

| Cuenca Sedimentaria Gondwánica | Superficie (ha) | % respecto a la superficie de la eco-región |
|--------------------------------|------------------|---|
| Lagunas y Embalses | 6.100 | 0,2 |
| Valle del Río Negro | 128.800 | 3,7 |
| Áreas Protegidas | 25.800 | 0,7 |
| Montes Naturales y Humedales | 632.500 | 18,0 |
| Pastizales | 462.000 | 13,2 |
| TOTAL ECO-REGIÓN | 1.255.200 | 35,8 |

Fuente: (Gutiérrez *et al.*, 2012).

Figura 6.23. Distribución espacial de Conectores Eco-regionales para la Eco-región Cuenca sedimentaria gondwánica, con énfasis en conectores de monte indígena ribereño y conectores de áreas significativas de pastizal.



- **Eco-región Sierras del Este**

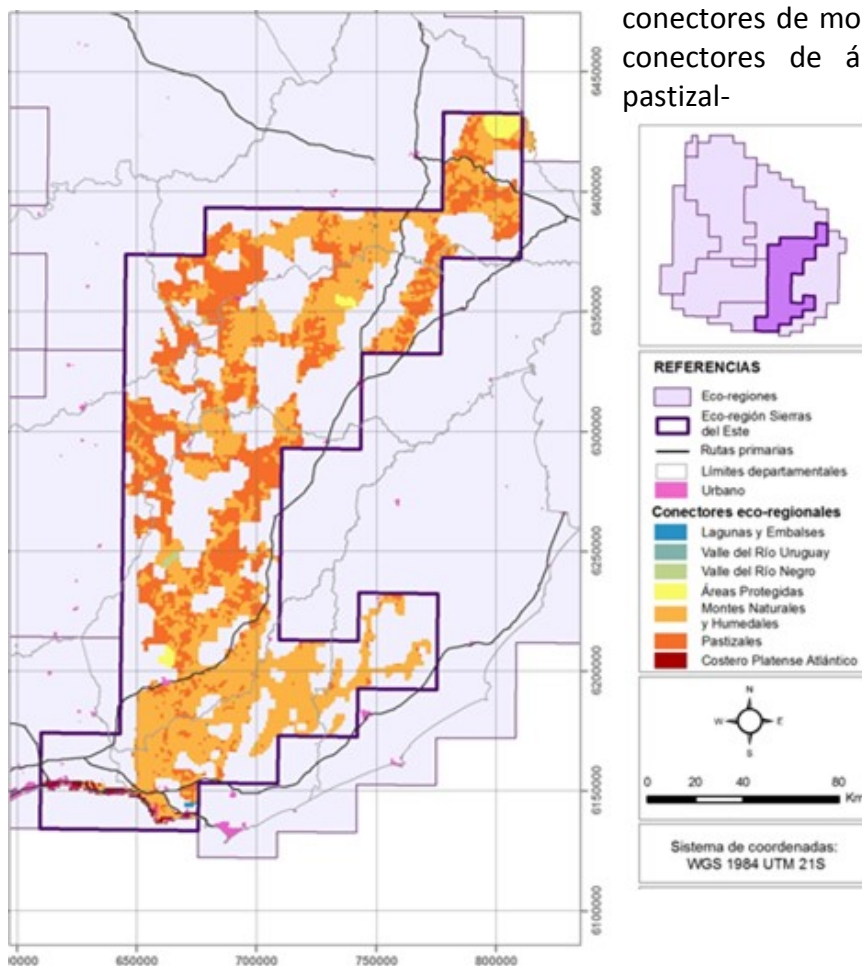
Un 28,3 % (738.800 ha) de la eco-región fueron identificadas como conectores (Tabla 8, Figura 7).

Tabla 6.23. Tipos de conectores para la Eco-región Sierras del Este.

| Sierras del Este | Superficie (ha) | % respecto a la superficie de la Eco-región |
|------------------------------|------------------|---|
| Lagunas y Embalses | 1.000 | 0,0 |
| Valle del Río Negro | 2.400 | 0,1 |
| Áreas Protegidas | 21.700 | 0,8 |
| Montes Naturales y Humedales | 813.200 | 30,0 |
| Pastizales | 498.700 | 18,4 |
| Costero Platense Atlántico | 14.100 | 0,5 |
| TOTAL ECO-REGIÓN | 1.351.100 | 49,9 |

Fuente: (Gutiérrez *et al.*, 2012).

Figura 6.24. Distribución espacial de Conectores Eco-regionales para la Eco-región Sierras del Este, con énfasis en conectores de monte indígena serrano y conectores de áreas significativas de pastizal-



Capítulo 6.7

Provincia.

La unidad determinada por el clima

6.7. PROVINCIA. LA UNIDAD DETERMINADA POR EL CLIMA

A nivel de Provincia, como se analiza en el Ítem "*Algunas precisiones metodológicas*" (pág. 92), la presente propuesta de clasificación se inserta en la caracterización climática propuesta por Köppen-Geiger y actualizada por Peel *et al.*, 2007, dado que si bien escapa a los objetivos de la tesis una propuesta a esta escala, es importante determinar en qué contexto continental puede insertarse (**Figura 6.25**)

La distribución de las especies en un territorio se asocia, como se ha mencionado, a diferentes variables vinculadas al medio físico que pueden explicarse por factores edáficos y/o geomórficos a ciertas escalas, y por factores climáticos a otras (Montes *et al.*, 1998), además de por factores vinculados a herencias paleoclimáticas, y finalmente, a la existencia de ciertos corredores ecológicos como pueden ser las cuencas hidrográficas de gran magnitud, que cruzan diferentes provincias bioclimáticas. Todos estos elementos se deben combinar para explicar la distribución de las especies.

A escala regional, la provincia es correctamente descrita con la caracterización climática de Köppen-Geiger (Peel *et al.*, 2007) disponible para todo el mundo, siendo la más utilizada en las clasificaciones jerárquicas de grandes regiones (ver **Figura 6.25**). Aunque entre distintos puntos del país es posible observar diferencias en los parámetros climáticos, estas no son de magnitud suficiente como para distinguir diferentes tipos de clima, y de acuerdo a clasificaciones clásicas como la de Köppen-Geiger, a todo el territorio continental del Uruguay le corresponde la clasificación climática de **Cfa**, según Bidegain y Caffera (1997): 1) Clima templado, moderado y lluvioso (temperatura del más frío entre -3º y 18 ºC): "tipo C"; 2) Clima de temperie húmeda (la lluvia es irregular, condiciones intermedias entre el w y el s de Köppen-Geiger): "tipo f"; 3) Variedad específica de temperatura (temperatura del mes más cálido superior a 22 grados centígrados): "tipo a".

Al interior de dicha provincia Cfa, se distribuye el bioma de pastizales de la Cuenca del Plata (), ocupando un área más restringida que la Provincia definida según Köppen-Geiger (Peel *et al.*, 2007), y que se corresponde con la Provincia Fitogeográfica Pampa (Cabrera y Willink, 1973; Morrone, 2001, 2006), en el interior de la misma puede distinguirse el Distrito Uruguayense, que se extiende espacialmente por el sur de Brasil, casi todo el territorio uruguayo, y la provincia de Entre Ríos en Argentina (Cabrera, 1971, 1976; Cabrera and Willink, 1973).

Tal como sostienen Bilencia y Miñaro (2004), los pastizales del Río de la Plata son el principal complejo de ecosistemas de pastizales en el sur de América. Abarcan unos 750.000 km² (Soriano *et al.*, 1992). Incluye las eco-regiones de las Pampas en el centro de Argentina, y las sabanas del Uruguay (que incluye a Uruguay, una pequeña parte del

nordeste de la Argentina y el sur del Estado de Rio Grande do Sul, en Brasil, Dinerstein *et al.*, 1995).

Esta provincia fue delimitada y zonificada por León *et al.* (1984), y Soriano *et al.* (1992), quienes propusieron una subdivisión regional de las praderas del Río de la Plata (Figura 6.26), de acuerdo con la geomorfología, fisiografía, vegetación y edafología en 8 sub-regiones (Pampa Ondulada, Pampa Inundable o Pampa Deprimida, Pampa

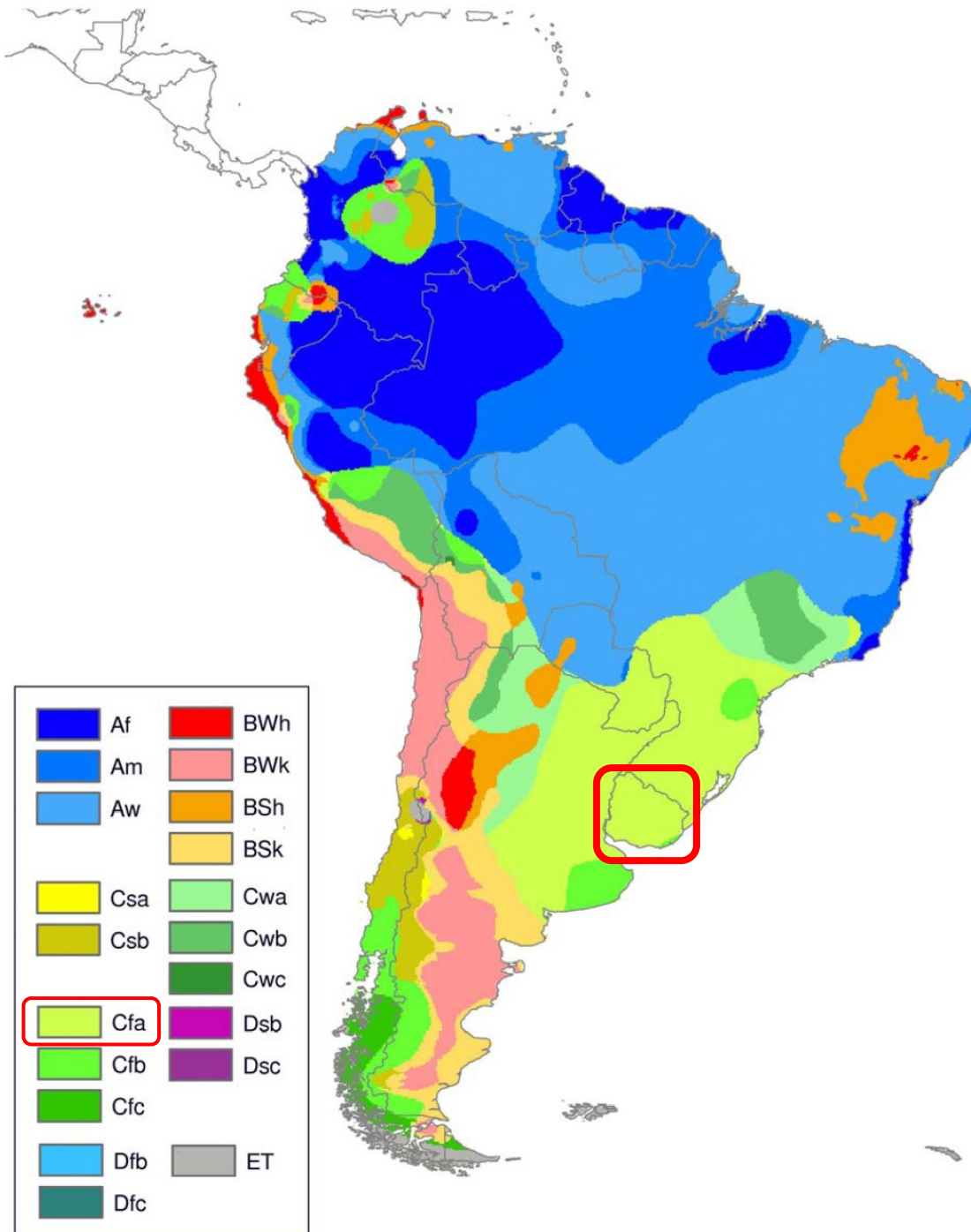


Figura 6.25. Provincias climáticas de América del Sur según Köppen-Geiger, actualizadas por Peel *et al.* (2007), Cfa corresponde a Uruguay.

Mesopotámica, Campos del Sur, y Campos del Norte), y posteriormente utilizada por otros autores, quienes han realizado pequeñas modificaciones a su zonificación interna. Más recientemente, la región ha sido también subdividida a nivel de América del Sur por Dinerstein *et al.* (1995), en ella Uruguay, es incluido en una única Eco-zona con parte de Río Grande del Sur (Brasil), y a su vez, no incluye a Entre Ríos (Argentina) que sin embargo, tiene idénticas características edáficas, climáticas, de relieve y vegetación.

La posibilidad de disponer de series de datos climáticos suficientemente largas, con las que puede determinarse por períodos de 20 años como ha ido variando el clima a través del tiempo, permitirá mejorar la estimación de aspectos tales como la distribución potencial de las especies a su interior. Esta distribución seguramente está condicionada por las fuertes modificaciones que el clima ha presentado en los últimos 40 años, particularmente en lo que hace a precipitación, con un incremento del 30% en cien años (Bidegain *et al.*, 2005), pero con una clara inflexión a partir de 1970.

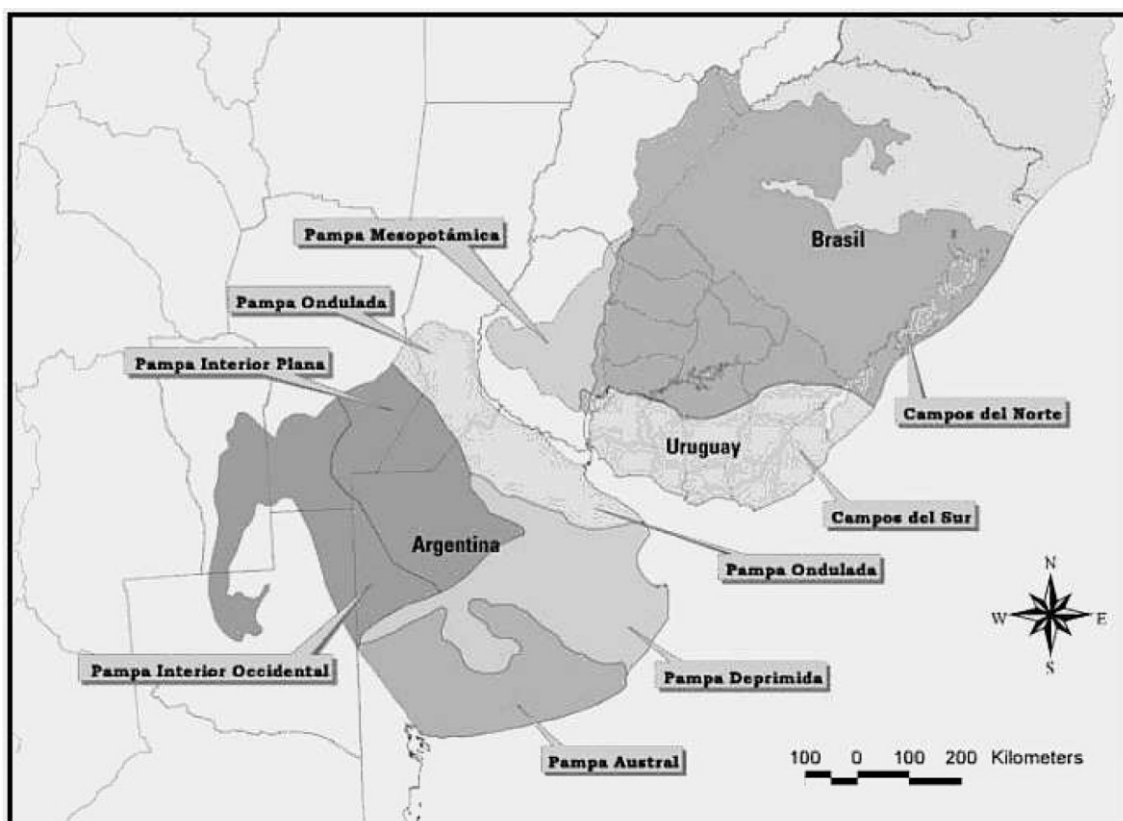


Figura 6.26. Distribución del bioma de pastizales de la Cuenca del Plata (Soriano et al., 1992), indicando el alcance de la Provincia fitogeográfica Pampa (según Bilenca y Miñaro, 2004).

Capítulo 6.8

Algunos ejemplos de la
Clasificación de Paisajes
y la espacialización de sus unidades

6.8. ALGUNOS EJEMPLOS DE LA CLASIFICACIÓN DE PAISAJE Y LA ESPACIALIZACIÓN DE SUS UNIDADES

En las **Figura 6.27** y **Figura 6.28**, se presenta un ejemplo de la espacialización de las diferentes unidades de la Clasificación de Paisajes, incluyendo la representación de todos los órdenes jerárquicos que pueden discriminar paisajes al interior de Uruguay.

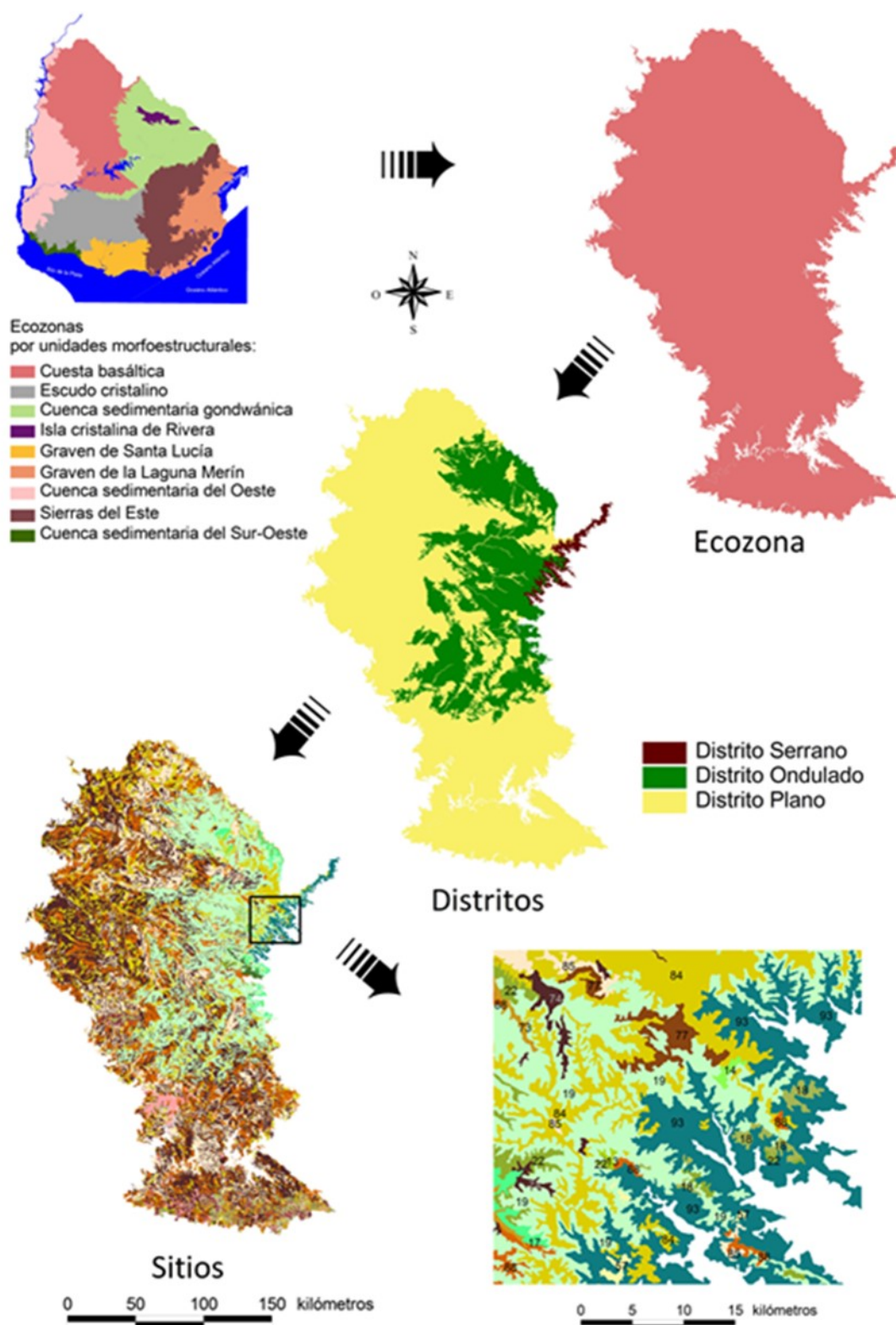


Figura 6.27. Relaciones entre las unidades de la Clasificación de Paisajes representables a distintas escalas para Uruguay. Pueden observarse los tres distritos anidados en la Ecozona de la Cuesta Basáltica. A su vez, cada Distrito, tiene un conjunto de Sitios también anidados. Abajo a la derecha: detalle del patrón de Sitios.- A efectos de su identificación, se incluye un número que se corresponde con su descripción en el “Anexo 2. Breve caracterización de los 95 Sitios propuestos”.

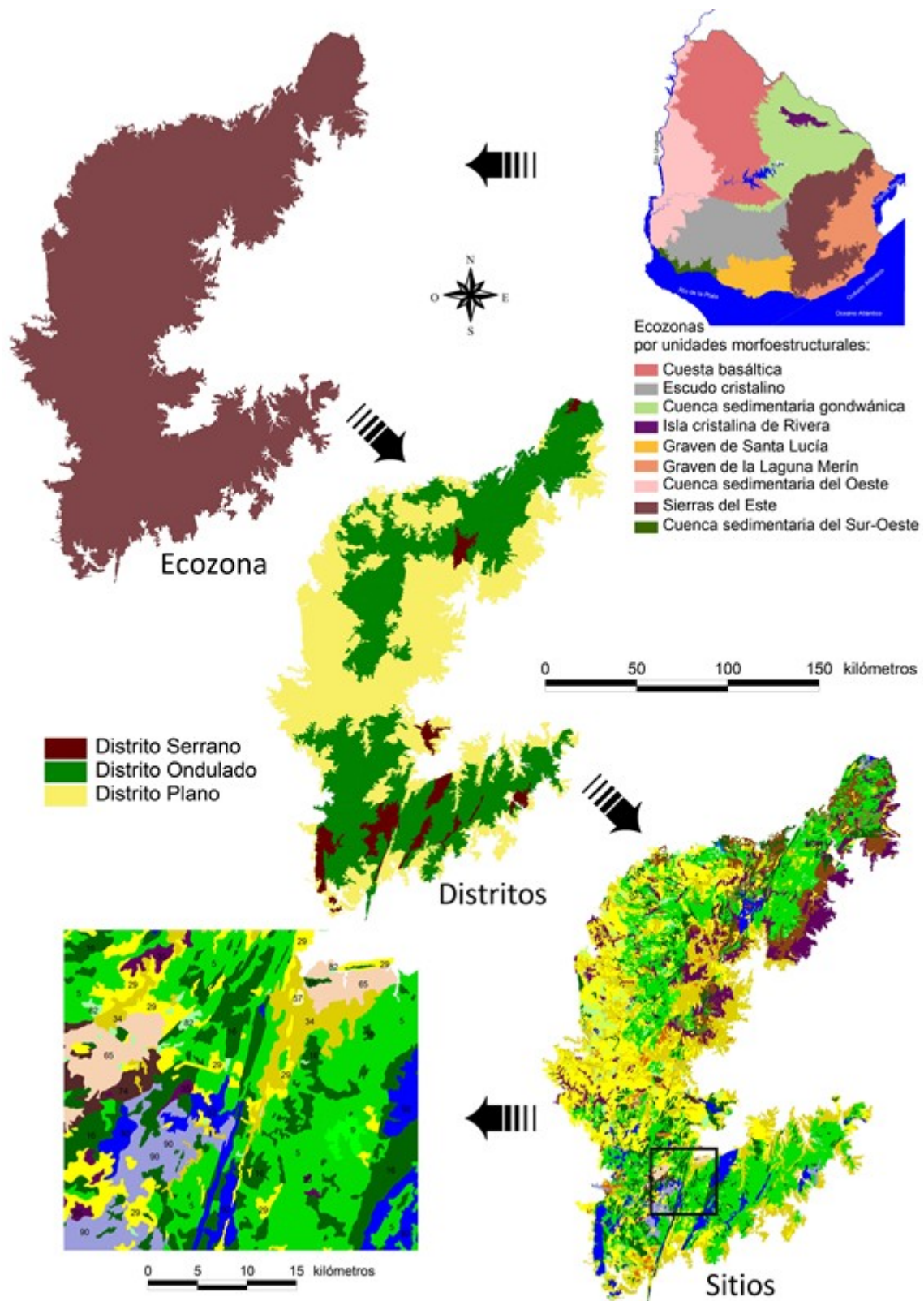


Figura 6.28. Relaciones entre las unidades de la Clasificación de Paisajes representables a distintas escalas para Uruguay. Pueden observarse los tres distritos anidados en la Ecozona de la Sierra del Este. A su vez, cada Distrito, tiene un conjunto de Sitios también anidados. Abajo a la derecha: detalle del patrón de Sitios.- A efectos de su identificación, se incluye un número que se corresponde con su descripción en el “Anexo 2. Breve caracterización de los 95 Sitios propuestos”.

CAPÍTULO 7.

CONCLUSIONES



7.1. RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL

“Generar una clasificación jerárquica de paisajes, que permita caracterizar la diversidad de ecosistemas, la riqueza de especies, las especies amenazadas y prioritarias, los servicios ecosistémicos, los sitios puntuales clave para la conservación, los corredores ecológicos, la vegetación potencial, las áreas de amortiguación, proyectar escenarios futuros y potenciales amenazas (actividad silvoagropecuaria, minera, urbanística, etc.), así como brindar herramientas para la realización de un ordenamiento territorial que atienda al desarrollo sustentable”, se concluye:

- ✓ El sistema de clasificación generado ha sido validado a nivel de la unidad elemental (Sitio) por su capacidad de discriminar las variables que determinan la presencia y distribución de las comunidades vegetales y con ello la vegetación potencial para todo el país, en el territorio a nivel de Eco-región da cuenta de la variabilidad funcional en materia de padrones de productividad primaria. Se presenta, a vía de ejemplo su aplicación en la construcción de corredores de carácter nacional y regional, en tanto otros investigadores lo han utilizado en la determinación de amenazas a la conservación por actividades productivas.

7.2. RESPECTO A LOS OBJETIVOS PARTICULARES

Respecto al **objetivo 1)** *“Proponer un sistema de clasificación de paisaje exhaustivo para Uruguay, abarcativo de la totalidad del territorio en sus diferentes dimensiones físico-biológicas”, se concluye:*

- ✓ Se generó por primera vez en Uruguay una eco-regionalización de Eco-zonas con una delimitación precisa, que puede ser manejada desde la escala de finca a una escala nacional sin perder precisión.

Respecto al **objetivo 2)** *“Caracterizar la historia del paisaje uruguayo como marco geo-estructural de las unidades de paisaje de rango jerárquico superior”, se concluye:*

- ✓ Se realizó una revisión exhaustiva de todos los antecedentes de estudios geológicos y geomorfológicos a efectos de sistematizar la información requerida para establecer la historia evolutiva de los materiales geológicos y su evolución geomorfológica, durante el Fanerozoico lo que permitió caracterizar el marco estructural del paisaje.

Respecto al **objetivo 3)** *“Seleccionar un conjunto de atributos con límites cuantitativos que permitan discriminar ambientes”*, se concluye:

- ✓ El sistema generado al ser construido por agrupaciones de unidades elementales en todas sus categorías, cumple con el requisito de que los límites de cualquier unidad de rango jerárquico superior quedan definidos por las de la unidad elemental.

Respecto al **objetivo 4)** *“Desarrollar un sistema de tipo jerárquico con unidades anidadas, donde cada unidad elemental pueda ser agrupada en unidades de rango jerárquico superior más generales, y así sucesivamente, quedando definidos los límites espaciales de todas las unidades por las unidades del rango jerárquico inferior”*, se concluye:

- ✓ La información recabada durante los estudios que concluyeron con el relevamiento de Suelos del Uruguay, fueron una base adecuada que permitió construir una clasificación jerárquica del territorio con unidades anidadas claramente definidas por intervalos cuantitativos, y verificables.

Respecto al **objetivo 5)** *“Seleccionar un conjunto de atributos con límites cuantitativos que permitan discriminar ambientes, cuya validación pueda ser hecha por la lectura que de ellos hace la cubierta vegetal”*, se concluye:

- ✓ Las variables utilizadas fueron consistentes a escala de Eco-zonas, para la determinación de productividad primaria, y a nivel de Sitio permitieron separar áreas con diferente vegetación natural actual o potencial, cuando esta fue removida.

Respecto al **objetivo 6)** *“Validar el sistema de clasificación del paisaje mediante el análisis de distribución y requerimientos ecológicos de los registros de presencia de fauna y vegetación existentes en el país”*, se concluye:

- ✓ La asociación entre las bases de datos existentes de especies, tanto vegetales como animales, permitió observar a nivel de Eco-región importantes coincidencias entre lo observado y los límites establecidos por los descriptores físicos y biológicos.
- ✓ El sistema propuesto se ha comprobado es adecuado para estudios de biodiversidad, más allá de incongruencias menores, la mayoría de las cuales son atribuibles a razones de historia biogeográfica del Cuaternario reciente, y en particular de los cambios climáticos ocurridos en la zona durante el Holoceno tardío.

Respecto al **objetivo 7)** “Generar instrumentos para la gestión del territorio”, se concluye:

- ✓ Tomando como base esta regionalización se pueden establecer políticas de manejo sustentable del territorio incluyendo servicios ecosistémicos y áreas protegidas en sus diversas categorías, así como prever las consecuencias de la continuación de las actuales tendencias impulsadas por el libre juego de la oferta y la demanda en los mercados internacionales.
- ✓ La definición y caracterización de las unidades de paisaje es un insumo necesario que permitirá iniciar un proceso de evaluación estratégica ambiental, que permita definir áreas de interés para la conservación, tanto en función de sus características de singularidad, resultante del análisis de los componentes del paisaje, o de representatividad como reflejo de la heterogeneidad del territorio. Estas dos propiedades fundamentales de los principios de conservación, requieren el respaldo objetivo de la interpretación de la distribución espacial de los ecosistemas y la valoración de sus potencialidades.
- ✓ Esta clasificación de paisajes permitirá además establecer políticas de conservación y uso sustentable de los servicios ecosistémicos que nos brinda la naturaleza y acordar propuestas de objetivos y acciones estratégicas que puedan ser apropiadas y apropiables por la sociedad uruguaya, tanto en materia de preservación de la biodiversidad y de los otros servicios ecosistémicos derivados de las interacciones entre el medio físico y biótico, así como generar pautas para la toma de decisiones en materia de lo que se ha denominado en este proyecto “producción responsable”. Restará saber si existe la voluntad política para su aplicación.
- ✓ La integración de hábitats, servicios ecosistémicos y sus nexos con la biodiversidad a través de la estructura física del paisaje, permitirá un análisis crítico del uso que de los denominados “recursos naturales”, está realizando la sociedad uruguaya, generando las bases para un enfoque diferente que permita analizar estas y otras funciones ecosistémicas que redundan en los servicios ambientales, de los cuales depende su calidad de vida.

CAPÍTULO 8.

LÍNEAS FUTURAS



8.1. PROPUESTA DE DISCRIMINACIÓN AL INTERIOR DE LOS SITIOS. VARIABLES DE ESTADO: USO, ESTILO Y CONDICIÓN

Puede decirse en la actualidad, que la totalidad de la biósfera se encuentra mediada por las acciones antrópicas, aún aquellas áreas no habitadas como la Antártida presentan efectos de la actividad humana tales como contaminación por metales pesados como el mercurio, o plaguicidas como los organoclorados que afectan sus cadenas tróficas piramidales. A su vez ya se les ha dado un destino de uso, que en el caso es la conservación de su biodiversidad y la investigación científica.

El **uso** de los ecosistemas puede ser más o menos intensivo y provocar cambios importantes en su estructura y funcionamiento, como en el caso de las zonas urbanas; o ser casi imperceptible, como en los santuarios de flora y fauna, pero siempre está presente. Así puede clasificarse un territorio por su destino de uso en urbano, agrícola pastoril y área protegida (Gastó 1979). Estos usos pueden a su vez clasificarse según ciertas categorías, por su intensidad en el caso de usos extractivos como la agricultura; su densidad en el caso de urbanizaciones, o por categorías preestablecidas por normas legales o culturales como en el caso de áreas o paisajes protegidos, o de cultos religiosos. A ello lo denominaremos **estilo** de uso, que para ejemplificarlo en el caso de la agricultura, esta puede ser extensiva, intensiva, campesina, orgánica, etc.

Finalmente sobre estas unidades así clasificadas, puede establecerse un juicio de valor de la salud del o los ecosistemas, incluidos en una unidad de paisaje para ese uso específico, a ello se denomina **condición** y se establece un número de categorías acorde a la capacidad de discriminación que se posea sobre la base de índices y/o indicadores. Ello requiere de la aplicación de técnicas de teledetección, utilización de datos censales y trabajo de terreno, que trasciende la actual propuesta, pero el disponer del Sistema de Clasificación aquí presentado, da las bases necesarias para implementarlo.

Los límites de estas unidades, si bien se corresponden con Sitios o Distritos, no pueden ser anidados como las unidades de paisaje, por no respetar sus límites y por tanto el cruce con la información vectorial debe hacerse, pasando toda la información a *grid* (grillas), e interceptando las cuadrículas así generadas, por tanto, las cuadrículas deberán ser tan pequeñas como posible, dependiendo de la resolución de las imágenes a partir de las que se obtiene esta información, y de la capacidad de cómputo de que se disponga (se trata de millones de unidades), en la medida que cada cuadrícula deberá contener la información generada a diferentes escalas.

8.2. PROPUESTA DE VALIDACIÓN DE RELACIONES DE LOS PRINCIPALES PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS ACTIVOS

El uso del territorio en Uruguay, a partir de la introducción de la ganadería en el Siglo XVII y en particular del alambramiento de los campos hacia la segunda mitad del Siglo XIX y la posterior introducción del ovino, se constituyeron en impactos en el territorio que continúan actuando hasta el presente.

A estos procesos a partir de mediados del Siglo XX se suma la agricultura extensiva que con diferentes herramientas y estilos ha continuado expandiéndose muy particularmente en los últimos años.

La suma de impactos ha redundado en un fuerte deterioro no solo de la productividad primaria sino muy especialmente de la calidad de las aguas superficiales, principal fuente de abastecimiento de agua potable para la mayor parte de la población del país.

Propongo la realización de un estudio que establezca los principales procesos a nivel de las unidades elementales y/o los distritos involucrados en este deterioro, en función de los diferentes usos del territorio y la dirección de los procesos de las actividades desarrolladas en el pasado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achkar, M., Anno, F., Panario, D., Kaemmerer, M., Lefevbre, M.J.. 2003. Análisis multitemporal y multiresolución para el estudio de la productividad vegetal en la cuenca del A° Sánchez – Río Negro Uruguay. *En: Actas VII Jornadas de Zoología del Uruguay y I Encuentro de Ecología del Uruguay*. Sesión Ecología de ecosistemas y paisajes. p. 103.

Achkar, M., Cayssials, R., Domínguez, A. 1999. *Desafíos para Uruguay: Espacio Agrario-Espacio Ambiental*. Montevideo, Editorial Nordan. 124 p.

Achkar, M., Garces, S., Mehier, S., Anno, F., Puech, V. 2004. Multitemporal and Multiresolution Analysis for monitoring vegetation patterns in temperate climate. *En: 2nd. Vegetation International Users Conference*. Antwerp, Bélgica.

Almeida, F.F.M. de, Amaral, G., Cordani, U.G., Kawashita, K. 1973. The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of the Amazon River. *En: Nairn AEM, Stehli FG (Eds) The Ocean Basin and Margins. The South Atlantic*, Plenum Press, New York, vol. 1: pp. 411 446

Altamirano, A., Da Silva, H., Durán, A., Echeverría, A., Panario, D., Puentes, R. 1976. *Clasificación de Suelos*. Dirección de Suelos y Fertilizantes. Ministerio de Agricultura y Pesca, Montevideo. Tomo I, 96 p.

Altesor, A., Eguren, G., Mazzeo, N., Panario, D., Rodríguez, C. 2008. La industria de la celulosa y sus efectos: certezas e incertidumbres. *Ecología Austral*, 18: 291-303.

Alzérreca, H., Prieto, G., Laura, J. Luna, D., Laguna, S. 2001. *Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano. Informe final. (Subcontrato 21.12)*. Autoridad Binacional de Lago Titicaca (ALT), Programa de las Naciones para el Desarrollo (PNUD), La Paz. 176pp. Disponible on-line en: <www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_bolivia/21.12.pdf>. Acceso: 2/7/2014.

Andreis, R.R., Mazzoni, M.M. 1967. Sedimentología de las formaciones Kiyú y San José, Departamento de San José, R. O. del Uruguay. *Revista del Museo de La Plata, Sección Geología* 6(41):41 96

Anno, F., M. Achkar, V. Puech, D. Kaemmerer, D. Panario. 2003. Analyse multitemporale et multiresolution pour l'étude de la productivité végétale en zone climatique tempérée. Bassin versant Arroyo Sánchez – Uruguay, *Bulletin - Societe Francaise de Photogrammetrie et de Teledetection*, 170: 30-38.

Antón, D., Goso, H. 1974. *Estado actual de los conocimientos sobre el Cuaternario en el Uruguay*. Dirección de Suelos y Fertilizantes, Ministerio de Agricultura y Pesca,

Montevideo. In: Anais do 25º Congresso Sociedade Brasileira de Geologia, Porto Alegre, vol. 3,

Antón, D., Prost, T. 1974. Observaciones sobre las formaciones cuaternarias de la Sierra de las Ánimas. Unpublished Report presented to the 28th. *Brazilian Geological Congress*

Antón, D. 1975. *Evolución Geomorfológica del Norte del Uruguay*. Unpublished internal report, Dirección de Suelos y Fertilizantes, Ministerio de Agricultura y Pesca, Montevideo

Baeza, S. 2007. *Caracterización funcional de la vegetación del Uruguay mediante el uso de sensores remotos*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, opción Ecología. Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA). Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

Baeza, S., Gallego, F., Lezama, F., Altesor, A., Paruelo, J. 2011a. Cartografía de los pastizales naturales en las regiones geomorfológicas de Uruguay predominantemente ganaderas. En: Altesor, A., W. Ayala, J.M. Paruelo (Eds.): *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales. Proyecto FPTA-175, "Descripción de la heterogeneidad, florística y seguimiento de la productividad primaria y secundaria del campo natural"*, Montevideo, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Serie FPTA No. 26, cap. 2, pp. 33-54.

Baeza, S., Lezama, F., Piñeiro, G., Altesor, A., Paruelo, J.M. 2010. Spatial variability of above-ground net primary production in Uruguayan grasslands: a remote sensing approach. *Applied Vegetation Science*, 13(1): 72–85. doi:10.1111/j.1654-109X.2009.01051.x

Baeza, S., Paruelo, J., Lezama, F. 2011b. Caracterización funcional en pastizales y sus aplicaciones en Uruguay. En: Altesor, A., W. Ayala, J.M. Paruelo (Eds.): *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales. Proyecto FPTA-175, "Descripción de la heterogeneidad, florística y seguimiento de la productividad primaria y secundaria del campo natural"*, Montevideo, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Serie FPTA No. 26, cap. 11, pp. 163-182.

Bailey, R.G. 1996. *Ecosystem geography*. Springer, New York, 204 pp.

Bailey, R.G. 2009. *Ecosystem Geography: From Ecoregions to Sites*. Springer, New York. (2da. Edición). 251p.

Barré, P., Velde, B., Catel, N., Abbadie, L. 2007. Soil-plant potassium transfer: impact of plant activity on clay minerals as seen from X-ray diffraction. *Plant and Soil*, 292(1-2): 137-146. doi:10.1007/s11104-007-9208-6

Bermejo, L.A., Mata, J., Camacho, A., Flores, M.P., Ventura, M., Rodríguez, R. 2000. Estructura de las explotaciones caprinas en un espacio protegido de montaña. El caso de Anaga. Tenerife. En: Sierra Alfranca, I., F. Guillén Pérez, I. Garitano Iriondo (Eds.):

XXV Jornadas Científicas y IV Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (S.E.O.C.), Producción Ovina y Caprina. Nº XXV Teruel, 28 al 30 de septiembre, pp. 183-188.

Bezerra, F.H.R., Amarom V.E., Vita-Finzi C., Saadim A. 2001. Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 14:61-75.

Bezerra, F.H.R., Vita-Finzi, C. 2000. How active is a passive margin? Paleoseismicity in northeastern Brazil. *Geology*, 28:591-594. doi:10.1130/0091-7613(2000)28<591:HAIAPM>2.0.CO;2

Bidegain, M., Caffera, R.M. 1997. *Clima del Uruguay y la región*. Disponible en: <http://www.rau.edu.uy/uruguay/geografia/Uy_c-info.htm>. Acceso: 3 marzo de 2011.

Bidegain, M., Caffera, F.R.M., Blixen, F., Pshennikov, V., Lagomarsino, J.J., Forbes, E.A., Nagy, G.F.. 2005. Tendencias climáticas, hidrológicas, y oceanográficas en el Río de la Plata y Costa Uruguaya. En: Barros, V., A. Menéndez, G. Nagy (Eds.): *El Cambio climático en el Río de la Plata*. Buenos Aires, CIMA/CONICET, cap. 14, pp. 137-143.

Bilenca, D., F. Miñarro. 2004. *Identificación de Áreas Valiosas de Pastizal (AVPs) en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil*. Buenos Aires, Fundación Vida Silvestre Argentina. 323 pp. Disponible on-line en: <www.hcvnetwork.org/resources/folder.2006-09-29.6584228415/Libro-pastizal-0.pdf>. Acceso: 20/4/2011.

Blasi, A.M., Zárate, M.A., Kemp, R.M. 2001. Sedimentación y pedogénesis cuaternaria en el noreste de la pampa bonaerense: la localidad Gorina como caso de estudio. *Rev. Asoc. Argent. Sedimentol.* 8(1):77-92.

Borja, F., C. Montes, J.M. Román. 2009. Regionalización ecológica y Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía. En: Rodríguez Iglesias, F. (Ed.): *Proyecto Andalucía Naturaleza* (T.XXXI), Publicaciones Comunitarias. Sevilla. Serie Ecología IV: pp. 119-154.

Bossi, J. 1966. *Geología del Uruguay*. Departamento de Publicaciones de la Universidad de la República, Montevideo, vol. 2: 469 p.

Bossi, J. 1995. *Atlas de regionalización de recursos naturales agronómicos*. Guía del Taller de regionalización de recursos naturales, Montevideo, Asociación de Estudiantes de Agronomía (AEA), Facultad de Agronomía.

Bossi, J., Campal, N. 1992. Magmatismo y tectónica transcurrente durante el Paleozoico inferior del Uruguay. En: Gutiérrez, J., Saavedra, J., Rábano, I. (Eds.) *Paleozoico Inferior de Ibero-América*, Universidad de Extremadura, Alicante, pp. 343-356.

Bossi, J., Ferrando, L., Montaña, J., Morales, H., Campal, N., Gancio, F., Piñeyro, D., Schipilov, A. Sprechmann, P. 1998. *Carta Geológica del Uruguay escala 1:500.000*. Versión digital, Montevideo, Geo-Editores SRL.

- Bossi, J., Ferrando, L.A. 2000. *Carta Geológica del Uruguay, escala 1/500.000*. 2nd ed. Geoeditores, Montevideo.
- Bossi, J., Ferrando, L.A., Fernández, A., Elizalde, G., Morales, H., Ledesma, J., Carballo, E., Medina, E., Ford, I., Montaña, J. 1975. *Carta geológica del Uruguay (1:1.000.000)*. Dirección de Suelos y Fertilizantes, Ministerio de Agricultura y Pesca, Montevideo, 25 pp.
- Bossi, J., Navarro, R. 1991. *Geología del Uruguay*. Departamento de Publicaciones, Universidad de la República, Montevideo, 970 p.
- Bracco, R., del Puerto, L., Inda, H., Capdepon, I., Panario, D., García-Rodríguez, F. 2012. Evolución ambiental y constructores de cerritos en la región de India Muerta. Un replanteo. *En: III Jornadas del Cenozoico*, Montevideo, 14-15 June 2012, CD-Rom.
- Braun-Blanquet, J. 1950. *Sociología vegetal: estudio de las comunidades vegetales* (Traducido del alemán por A. P. L. Digilio y M. M. Grassi, *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*, 1928), ACME Agency, Soc. de Resp. Ltda., Buenos Aires. 444 p.
- Brazeiro, A., Panario, D., Soutullo, A., Gutiérrez, O., Segura, A. Mai, P. 2012. *Clasificación y delimitación de las eco-regiones de Uruguay. Informe Técnico*. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 40 p.
- Brazeiro, A., Panario, D., Soutullo, A., Gutiérrez, O., Segura, A. Mai, P. 2015. Identificación y delimitación de eco-regiones de Uruguay. *En: Brazeiro A. (ed.). Eco-Regiones de Uruguay: Biodiversidad, Presiones y Conservación. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad*. Facultad de Ciencias, CIEDUR, VS-Uruguay, SZU. Montevideo, pp. 46-59.
- Brea, M., Zuco, A.F. 2011. The Paraná-Paraguay basin: geology and paleoenvironments. In: Albert J.S., Reis R.E. (eds.), *Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes*. University of California Press, Berkeley, 69-88.
- Brown, J.H., M.V. Lomolin. 1998. *Biogeography*. (2nd. ed.), Sinauer Associates, Sunderland. 692 p.
- Cabrera, A.L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 14(1-2): 1-42.
- Cabrera, A.L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. *En: Kugler, W.F. (Ed.): Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería II*, ACME, Buenos Aires, pp. 1-85.
- Cabrera, A.L., A. Willink. 1973. *Biogeografía de América Latina*, Washington D.C., Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Departamento de Asuntos Científicos. (Monografía No. 13. Serie de Biología).
- Cajander, A.K. 1926. The theory of forest types. *Acta Forestalia Fennica*, 29(3): 85-108.

- Caldevilla, G. 1977. *Parques Nacionales del Uruguay*. Montevideo. (Mimeografiado).
- Caorsi, J., Goñi, J. 1958. Geología uruguaya. *Boletín del Instituto Geológico del Uruguay* 37:1–73.
- Carlsson, H., L. Vera, L. Vieli, R. Montalba. 2009. Efecto de las Características de Distrito y Sitio en el Crecimiento de Manzanos con Manejo Orgánico. *Revista Brasileira de Agroecología*, 4(2): 3665-3668.
- Castellaro, G.G., F. Squella. 2006. Modelo simple de simulación para la estimación del crecimiento, fenología y balance hídrico de praderas anuales de clima mediterráneo. *Agricultura Técnica*, 66(3):271-282 (Chile) julio-septiembre Disponible on-line en: <www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S036528072006000300006&lng=en&nrm=iso&ignore=.html>. Acceso: 2/7/2011.
- Catuneanu, O. 2004. Basement control on flexural profiles and the distribution of foreland facies: the Dwyka Group of the Karoo Basin, South Africa. *Geology*, 32(6):517–520. doi:10.1130/G20526.1
- Cernuschi Rodillo, F. 2011. *Geology of the Cretaceous Lascano-East intrusive complex: magmatic evolution and mineralization potential of the Merin Basin, Uruguay*. Unpublished Master of Science Dissertations, Oregon State University, 340 p. <http://hdl.handle.net/1957/20581>. Acceso 11 Diciembre 2012.
- Cesero, P.D., Ponte, F.C. 1997. Análise comparativa da paleogeologia dos litorais atlânticos brasileiro e africano. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, 11(1-2):1-18.
- Céspedes-Payret, C., G. Piñeiro, M. Achkar, O. Gutiérrez, D. Panario. 2009. The irruption of new agro-industrial technologies in Uruguay and their environmental impacts on soil, water supply and biodiversity: a review. *International Journal of Environment and Health*, 3(2), 175–197.
- Chapin, F.S., E.S. Zavaleta, V.T. Eviner, L.N. Rosamond, P.M. Vitousek, H.L. Reynolds, D.U. Hooper, S. Lavorel, O.E. Sala, S.E. Hobbie, M.C. Mack, S. Díaz. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405: 234-242.
- Chebataroff, J. 1955. Evolución del relieve del Uruguay y de Río Grande del Sur. *Revista Uruguaya de Geografía*, 39-96. http://www.periodicas.edu.uy/Revista_
- Christofolletti, A. 1980. *Geomorfología*. Edgard Blücker Ltda., San Pablo, Brasil (2da. edición) 188 p.
- Cingolani, C.A. 2011. The Tandilia system of Argentina as a southern extension of the Río de la Plata Craton: an overview. *International Journal of Earth Sciences*, 100:221-242.
- CONEAT. 1979. *Grupos de Suelos. Indices de Productividad*. Montevideo, Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra (CONEAT). Ministerio de Agricultura y Pesca. Montevideo 167 p.

Consejería de Medio Ambiente. 2004. *Plan Andaluz de Humedales*. Junta de Andalucía, Sevilla. 263 p.

Constanza, R. 1999. The ecological, economic, and social importance of the oceans. *Ecological Economics*, 3: 199-213.

Constanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S. O'Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R., Sutton, P., van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.

Cosio, G.F., M. Negrón, J. Gastó, J.L. Villate. 2007. Distritos y Sitios de la Provincia Templada Secoestival Nubosa o Valparaíso: Secano de la Costa. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 7(1): 38-61.

Council of Europe, 2000. *The European Landscape Convention*. Strasbourg.

Crutzen, P.J., E.F. Stoermer. 2000. The "Anthropocene". *Global Change Newsletter*, 41: 12-13.

Daily, G. C. (Ed.). 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC.

Dalrymple, J.B., Blong, R.J., Conacher, A.J.. 1968. A hypothetical nine unit landsurface model. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 12: 60-76.

Darwin, H. 1901. On the Small Vertical Movements of a Stone Laid on the Surface of the Ground. *Proceedings of the Royal Society of London*, 68: 253-261.

De Alba, E. 1953. Geología del Alto Paraná en relación con los trabajos de derrocamiento entre Ituzaingó y Posadas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 8:121-161.

de Santa Ana, H., Goso, C., Daners, G. 2006a. Cuenca Norte: estratigrafía del Carbonífero-Pérmico. En: Veroslavsky, G., Ubilla, M., Martínez, S. (Eds.), *Cuencas Sedimentarias de Uruguay: Geología, paleontología y recursos naturales - Paleozoico*, DIRAC, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, pp. 147-208.

de Santa Ana, H., Goso, C., Muzio, R., Oyhantçabal, P., Veroslavsky, G. 1994. Bacia do Santa Lucia (Uruguay): Evolução tectônica e sedimentar. *Geociências*, 13(1):37-52.

de Santa Ana, H., Veroslavsky, G. 2003. La tectosecuencia volcanosedimentaria de la Cuenca Norte de Uruguay. Edad Jurásico-Cretácico Temprano. En: Veroslavsky, G., Ubilla, M., Martínez, S. (Eds.) *Cuencas Sedimentarias de Uruguay: Geología, Paleontología y Recursos Naturales - Mesozoico*, DIRAC, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, pp. 51-74.

de Santa Ana, H., Veroslavsky, G., Fulfaro, V., Rossello, E. 2006b. Cuenca Norte: Evolución tectónica y sedimentaria del Carbonífero-Pérmico. En: Veroslavsky, G., Ubilla, M., Martínez, S. (Eds.), *Cuencas Sedimentarias de Uruguay: Geología*,

Paleontología y Recursos Naturales - Paleozoico, DIRAC, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, pp. 209-256.

del Puerto, L., R. Bracco, H. Inda, O. Gutiérrez, D. Panario, F. García-Rodríguez. 2013. Assessing links between late Holocene climate change and paleolimnological development of Peña Lagoon using opal phytoliths, physical and geochemical proxies. *Quaternary International*, 287: 89-100. doi:10.1016/j.quaint.2011.11.026

Demoulin, A., Zarate, M., Rabassa, J. 2005. Long-term landscape development: a perspective from the southern Buenos Aires ranges of east central Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 19:193-204.

DINAMA. 1999. *Propuesta de estrategia nacional para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad biológica del Uruguay*. Proyecto URU/96/G31. 111 p.

Dinerstein E., D.M. Olson, D.J. Graham, A.L. Webster, S.A. Primm, M.P. Bookbinder, G. Ledec. 1995. *A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. Washington DC., The World Wildlife Fund - The World Bank. 129 p.

Dinerstein, E., Powell, G., Olson, D., Wikramanayake, E., Abell, R., Loucks, C., Underwood, E., Allnutt, T., Wettengel, W., Ricketts, T., Strand, H., O'Connor, S., Burgess, N. 2000. *A workbook for conducting biological assessments and developing biodiversity visions for ecoregion-based conservation. Part I. Terrestrial Ecoregions*. Conservation Science Program. World Wildlife Fund, Washington, DC. 250 p.

Dirección de Suelos y Fertilizantes. 1976. *Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000*, y Leyenda que la acompaña. Montevideo, Dirección de Suelos y Fertilizantes. Ministerio de Agricultura y Pesca. Uruguay.

Dirección de Suelos. 1981. *Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay. Apéndices de Tomo III. Partes I y II. Descripciones, datos físicos y químicos de los suelos dominantes*. Montevideo, Dirección de Suelos. Ministerio de Agricultura y Pesca. 272 p.

Duarte, C. M. (Coord.), J.C. Abanades, S. Agustí, S. Alonso, G. Benito, J.C. Ciscar, J. Dachs, J.O. Grimalt, I. López, C. Montes, M. Pardo, A.F. Ríos, R. Simó, F. Valladares. 2009. *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. (Edición ampliada y revisada). Colección Divulgación. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid. 251 p.

Dyksterhuis, E.J. 1949. Condition and management of range land based quantitative ecology. *Journal of Range Management*, 2: 104-115.

Dyksterhuis, E.J. 1958. Ecological principles in range evaluation. *The Botanical Review*, 24: 253-272.

ECOMAP. 1993. *National Hierarchical Framework of Ecological Units*, Washington, DC, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 20 p.

- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudík, M., Ferrier, S. Guisan, A. *et al.* 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129-151.
- Evia, G. 2007. Dinámica de las amenazas y consecuencias sobre las políticas de la conservación. *En: IV Congreso Nacional de Áreas Naturales Protegidas*, Flores, Uruguay.
- Evia, G., Gudynas, E. 2000. *Ecología del Paisaje en Uruguay. Aportes para la conservación de la Diversidad Biológica*. MVOTMA, AECL y Junta de Andalucía, Sevilla.
- Fairbridge, R.W. (Ed.). 1968. *The Encyclopedia of Geomorphology*. Encyclopedia of Earth Sciences Series, Reinhold Book Corporation, New York. vol. 3, 1295 p.
- Ferrando, L., Fernández, A. 1971. Esquema tectónico cronoestratigráfico del Pre-Devoniano en el Uruguay. *En: Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia*, Sao Paulo, vol. 1: pp. 199-210.
- Ford, I. 1988. Conglomerados con nidos de insectos fósiles: Formación Palmitas (prov.); Terciario inferior (tentativo). *En: Memorias del 6º Panel de Geología del Litoral*, Montevideo, pp. 47-49.
- Forman, R. T.T., M. Godron. 1986. *Landscape ecology*. John Wiley and Sons, New York. 619 p.
- Fragoso-Cesar, A.R.S. 1980. O cráton do Rio de La Plata eo Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. *En: Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriú*, vol. 5: pp. 2879-2892.
- Francis, J.C., Mones, A. 1966. *Artigasias magna* n. g., n. sp. (Eumegamyinae) un roedor gigantesco de la época Pliocena Superior de las barrancas de San Gregorio, Departamento de San José, República Oriental del Uruguay. *Kraglieviana*, 1(3):89-100.
- Francis, J.K. 1984. Soil Site Classification for bottomland hardwoods. *En: Proceedings of the 12th Annual Hardwood Symposium of the Hardwood Research Council*, pp. 86-91.
- Fullbright, T.E., Ortega-S, J. A. 2006. *White-Tailed Deer habitat. Ecology and management on rangelands*. Texas A&M University Press, College Station, Texas. 241 p.
- Gallardo, S., Gastó, J. 1987. *Sistema de clasificación de pastizales*. Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile; Sistemas en Agricultura, IISA 87 14, Santiago.
- Gallego, F. 2007. *Cartografía de comunidades de pastizal de la Región Centro-Sur (Cristalino)*. Tesina para optar por el grado de Licenciado en Ciencias Biológicas. Profundización en Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de la República.
- Gastó, J. 1979. *Ecología. El hombre y la transformación de la naturaleza*. Editorial Universitaria, Santiago. 573 p.

- Gastó, J., Cosio, F., Panario, D. 1993a. *Clasificación de ecorregiones y determinación de sitio y condición. Manual de aplicación a municipios y predios rurales*. Red de Pastizales Andinos (REPAAN), Quito. 254 p.
- Gastó, J., Rodrigo, P. González, C. 1993b. Ordenamiento espacial de fundo. *Ciencia e Investigación Agraria*. Santiago. 20(3): 149-159.
- Gastó, J., Rodrigo, P., Aránguiz, I., Urrutia, C. 2005. *Ordenamiento territorial rural en escala comunal. Bases conceptuales y metodología*. Documento del Taller: La Región de Coquimbo: Espacios y recursos para un Desarrollo Sustentable. Universidad de La Serena, Centro de Estudios Regionales. 79pp. Disponible on-line en: <www.cartografia.cl/download/05-Territorio_Rural.pdf>. Acceso: 2/7/2011.
- Gastó, J., Rodrigo, P., Aránguiz, I. 1999. *Análisis territorial de la comuna de Santo Domingo. Informe final*. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. 22 p.
- Gastó, J., Rodrigo, P., Aránguiz, I., Urrutia, C. 2002a. Desarrollo de una metodología para la representación y resolución de problemas de predios rurales. *En: Gastó, J., P. Rodrigo, I. Aránguiz (Eds.): Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales*. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. 995 p.
- Gastó, J., Rodrigo, P., Aránguiz, I., Urrutia, C. 2002b. Ordenación territorial rural en escala comunal. Bases conceptuales y metodología. *En: Gastó, J., P. Rodrigo, I. Aránguiz (Eds.): Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales*. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. 5-67 pp.
- Gastó, J., Vieli, L., Galvez, C. 2008. *Estudio ecológico de plantaciones de quillay (Quillaja saponaria Mol.): Condicionantes de Sitio, Ordenación y Restauración*. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile, 132 p.
- Glazovskaya, M. A. 1963. On geochemical principles of the classification of natural landscapes. *International Geology Review*, 5(11): 1403-1431.
- Gómez de Silva, G. 1998. *Breve diccionario etimológico de la lengua española*. México: Editorial Fondo de Cultura Económica. 736 p.
- Gomez Rifas, C., Heinzen, W., Roth, W., Spoturno, J. 1981. Las calizas del Uruguay. *Boletín Instituto Geológico del Uruguay*, 38:5-37
- Gómez-Baggethun, E., de Groot, R., Lomas, P.L., Montes, C. 2010. The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69(6): 1209-1218. doi:10.1016/j.ecolecon.2009.11.007
- González Bernáldez, F. 1981. *Ecología y paisaje*. H. Blume Ediciones. Madrid. 249 p.

Goso, C., Perea, D. 2004. El Cretácico post-basáltico de la Cuenca Litoral del Río Uruguay: Geología y Paleontología. En: Veroslavsky, G., Ubilla, M., Martínez, S. (Eds.), *Cuencas sedimentarias de Uruguay: Geología, paleontología y recursos naturales - Mesozoico*, 2da Ed, DIRAC, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, pp 143-169.

Goso, H. 1965. *El Cenozoico en el Uruguay*. Instituto Geológico del Uruguay, Ministerio de Industria y Energía. Ed. Mimeogr. Montevideo. 36 p.

Goso, H., Bossi, J. 1966a. Cenozoic stratigraphy of the Rio Grande do Sul coastal province. *Boletim Paranaense de Geociências*, 33:54-55.

Goso, H., Bossi, J. 1966b. *Relevamiento geológico del Departamento de San José*. Instituto Geológico del Uruguay. Unpublished Technical Report, 40 p

Green, B. H., Simmons, E. A., Woltjer, I. 1996. Landscape conservation: some steps towards developing a new conservation dimension, IUCN-CESP. En: *Landscape Conservation Working Group 39*, Department of Agriculture, Horticulture and Landscape, Ashford.

Gudynas, E. 1994. *Nuestra verdadera riqueza. Una visión de la conservación de las áreas naturales del Uruguay*. Nordan, Montevideo. 136 p.

Gutiérrez Elorza, M. 2001. *Geomorfología climática*. Ed. Omega, Barcelona, 642 p.

Gutiérrez, O. (Ed.), Autores. R. Caffera, C. Céspedes, A. González, O. Gutiérrez, D. Panario. 1993. Hacia una evaluación de efectos ambientales de la forestación en Uruguay con especies introducidas. En: C. Pérez Arrarte. (Comp.), *Desarrollo forestal y medioambiente*. Montevideo, CIEDUR/Hemisferio Sur, pp. 157-206.

Gutiérrez, O., Panario, D., Achkar, M. Brazeiro, A. 2012. *Corredores biológicos de Uruguay. Informe Técnico*. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 31 p.

Gutiérrez O., Panario, D., Achkar, M., Bartesaghi, L., Brazeiro, A. 2015. Identificación y delimitación de corredores de conservación. En: Brazeiro A. (ed.). *Eco-Regiones de Uruguay: Biodiversidad, Presiones y Conservación. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad*. Facultad de Ciencias, CIEDUR, VS-Uruguay, SZU. Montevideo. pp. 100-113.

Guzmán Casado, G., Pouliquen, Y., Alonso Mielgo, A., Sevilla Guzmán, E. 2000. The Process of Agroecological Transition in two Andalusian Regions: Antequera (Malaga) and Campina Baja (Cordoba). En: W. Doppler, J. Calatrava (Eds.) *Technical and Social Systems Approaches for Sustainable Rural Development, Proceedings of the Second European Symposium of the Association of Farming Systems Research and Extension in Granada, Spain, 1996*. Laudenbacher Straße, Margraf Verlag, Cap. 16, 154-158. Disponible on-line en: ifsa.boku.ac.at/cms/fileadmin/Proceeding1996/1996_WS02_16_Guzman.pdf. Acceso: 2/7/2011.

Hasui, Y. 1990. Neotectônica e Aspectos Fundamentais da Tectônica Ressurgente no Brasil. *En: Workshop sobre Neotectônica e Sedimentação Cenozóica Continental no Sudeste Brasileiro*, Sociedade Brasileira de Geologia-Núcleo Minas Gerais, Belo Horizonte, vol. 1: 1-31.

Heerwagen, A., Aandahl, A.R. 1961. Utility of soil classification units in characterizing native grassland plant communities in the southern plains. *Journal of Range Management*, 14:207-213.

Herbst, R. 1971. Esquema estratigráfico de la provincia de Corrientes, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 26(2):221-243.

Herbst, R. 2000. La Formación Ituzaingó (Plioceno). Estratigrafía y distribución. *En: Aceñolaza FG, Herbst R (Eds.), El Neógeno de Argentina*, Instituto Superior de Correlación Geológica INSUGEO, San Miguel de Tucumán, vol. 14: pp. 181-190.

Herbst, R., Santa Cruz, J.N., Zabert, L.L. 1976. Avances en el conocimiento de la estratigrafía de la Mesopotamia argentina, con especial referencia a la Provincia de Corrientes. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, 7:101-121.

Huss, D.L. (Chairman Range Term Glossary Committee). 1964. *A glossary of terms used in range management*. American Society of Range Management, Portland, Oregon. 32 p.

Infante, R., Gastó, J., Gallardo, S. 1989. *Estado y opciones de estados práticos de un sitio del distrito plano de la Provincia Mapocho. Estudio de caso y método de condición*. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Chile, Proyecto FONDECYT: 1861409. Sistemas en Agricultura. 8-2. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía. 288 p.

Iriondo, M.H. 1980. El Cuaternario de Entre Ríos. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, 11:125-141.

Iriondo, M.H. 1996. Estratigrafía del Cuaternario de la Cuenca del Río Uruguay. *En: Actas XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Buenos Aires, vol. IV: pp. 15-25.

Jalfin, G.A. 1988. Formación Ituzaingó (Plio-Pleistoceno) en Empedrado, provincia de Corrientes: un paleorío arenoso entrelazado tipo Platte. *En: Actas de la II Reunión Argentina de Sedimentología*, Buenos Aires, pp. 130-134.

Jones, C.G., Lawton, J.H. Shachak, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69: 373-386.

Jones, G.H. 1956. Memoria explicativa y mapa geológico de la región oriental del Departamento de Canelones. *Boletín del Instituto Geológico del Uruguay*, 34:1-193.

Klingebiel, A.A., P.H. Montgomery. 1961. *Land capability classification*. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC. Agriculture Handbook No. 210.

- Krohling, D., Iriondo, M. 1998. *Guía de Campo Nº 1: Pampa Norte, Cuenca del Carcarañá*. International Joint Field Meeting Loess in Argentina: Temperate and Tropical. Paraná, Entre Ríos, Argentina, 36 p
- Kunst, C., Monti, E., Pérez, H., Godoy, J. 2006. Assessment of the rangelands of southwestern Santiago del Estero, Argentina, for grazing management and research. *Journal of Environmental Management*, 80(3): 248-265.
- Laffitte, A. 1980. *Inventario Nacional para Selección de Nuevas Áreas para Parques Nacionales*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo.
- Lambert, R. 1940. *Memoria explicativa de un mapa geológico de reconocimiento del Depto. de Paysandú y los alrededores de Salto*. Instituto Geológico del Uruguay, Montevideo, vol. 27: 1-41
- Lavandeira Thoms, J. 2007. *Estudio y aplicación de un estudio de Impacto Paisajístico: Proyecto de ejecución de reformas de masía Can Felip para su habilitación como Alojamiento-Turístico*. Tesis Máster en Sistemas de Información Geográfica. Universidad Politécnica de Catalunya. Disponible on-line en: <www.cpsv.upc.es/tesines/resumsig_jlavandeira.pdf>. Acceso: 4/6/2011.
- Lawton, J.H., May, R.M. (Eds.). 1995. *Extinction Rates*. Oxford University Press, Oxford. 233 p.
- León, R.J.C., Rusch, G.M., Oesterheld, M. 1984. Los pastizales pampeanos, impacto agropecuario. *Phytocoenología*, 12(2-3): 201-218.
- Leopold, L.B., Maddock Jr., T. 1953. *The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications*. U.S. Geological Survey Professional Paper Nº 252, 57 p.
- Leopold, L.B., Wolman, M.G., Miller, J.P. 1964. *Fluvial Processes in Geomorphology*. W.H. Freeman and Co., San Francisco, CA. 522 p.
- Lezama, F., Altesor, A., Pereira, M., Paruelo, J. 2011. Descripción de la heterogeneidad florística en los pastizales naturales de las principales regiones geomorfológicas de Uruguay. En: Altesor, A., W. Ayala, J.M. Paruelo (Eds.): *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales. Proyecto FPTA-175, "Descripción de la heterogeneidad, florística y seguimiento de la productividad primaria y secundaria del campo natural"*, Montevideo, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Serie FPTA No. 26, cap. 1, pp. 15-32.
- Liébault, F., Piégay, H. 2001. Assessment of channel changes due to long-term bedload supply decrease, Roubion River, France. *Geomorphology*, 36: 167-186.
- Löbeck, A.K. 1939. *Geomorphology*. (Primera Ed.) An introduction to the study of landscape. New York. Mc Graw-Hill Co. Inc. 732 p.

- Mallmann, G., Chemale, Jr F., Armstrong, R.A., Kawashita, K. 2003. Sm-Nd and U-Pb SHRIMP zircon studies of the Nico Pérez Terrane, reworked Rio de la Plata Craton, Uruguay. *En: IV South American Symposium on Isotope Geology, Short Papers, Salvador*, vol. 1: pp. 207-209.
- Martín López, B., Montes, C. 2009. Un marco conceptual para la gestión de las interacciones naturaleza-sociedad en un mundo cambiante. *Cuides*, 3:229-258.
- Martínez, S. 1989. Los depósitos de la "transgresión entrerriana" (Mioceno de Argentina, Brasil y Uruguay). Comparación de sus principales áreas fosilíferas a través de los bivalvos y los gasterópodos. *Ameghiniana*, 25(1):23-29.
- Martínez, S. 1994. *Bioestratigrafía (Invertebrados) de la Formación Camacho (Mioceno, Uruguay)*. Unpublished Tesis Doctoral (PhD), Universidad de Buenos Aires (UBA). 346 p
- Masquelin, H. 2002. *Evolução estrutural e metamórfica do Complexo Gnáissico Cerro Olivo, Sudeste do Uruguai*. Tesis Doctoral (PhD), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2 volumes, t1: 1-227, t2: 1-117, 1 mapa.
- Masquelin, H., DAvila Fernandes, L.A., Lenz, C., Porcher, C.C., McNaughton, N.J. 2012. The Cerro Olivo Complex: a pre-collisional Neoproterozoic magmatic arc in Eastern Uruguay. *Int. Geol. Rev.*, 54(10):1161-1183. doi:10.1080/00206814.2011.626597
- Mata Olmo, R. 2006. Un concepto de paisaje para la gestión sostenible del territorio. *En: Mata Olmo, R. y Tarroja, A. (Ed.): El paisaje y la gestión del territorio. Criterios paisajísticos en la ordenación del territorio y el urbanismo*. Barcelona, Diputació de Barcelona-CUIMP. pp. 17-40.
- Mata Olmo, R., Galiana Martín, L., Allende Álvarez, F., Fernández Muñoz, S., Lacasta Rehoyo, P., López Estébanez, P. *et al.* 2009. Evaluación del paisaje de la Comunidad de Madrid: de la protección a la gestión territorial. *Urban* (primera época), 14(3): 34-57. Disponible on-line en: <www.aq.upm.es/Departamentos/Urbanismo/publicaciones/urban_14_03.html>. Acceso: 12/11/2010.
- Mata, J., Bermejo, L.A., Delgado, J.V., Camacho, A., Flores, M.P. 2000. Estudio del uso ganadero en espacios protegidos de Canarias. Metodología. *Archivos de Zootecnia*, 49(185-186): 275-284. Disponible on-line en: <helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/2947/02_02_56_39mata.pdf?sequence=1>. Acceso: 2/7/2011.
- May, H., Panario, D. 1994. Estudio comparativo de la sucesión ecológica de la flora pratense en dos sitios de la región basáltica, suelo superficial y suelo profundo en condiciones de exclusión y pastoreo. *En: Dirección de Suelos. Boletín N° 13. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Montevideo*. pp. 55-77.
- Meffe, G.C., Carroll, C. R. 1995. *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates, INC, Sunderland. 729 p.
- Middleton, M.F. 1989. A model for the formation of intracratonic sag basins. *Geophys. J. Int.*, 99(3):665-676. doi:10.1111/j.1365-246X.1989.tb02049.x

Milani, E.J. 1997. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental*. Unpublished Tesis Doctoral (PhD), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 255 p., il.

Milani, E.J., Faccini, U.F., Scherer, C.M., Araujo, L.M., Cupertino, J.A. 1998. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), Southern Brazil. *Boletim IG/USP, Serie científica*, 29:125-173.

Milani, E.J., Zalán, P.V. 1999. An outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America. *Episodes*. 22(3):199-205.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems & Human Well-Being: Wetlands and water Synthesis*. World Resources Institute, Washington, D.C. Disponible on-line en: <www.millenniumassessment.org>. Acceso: 6/4/2011.

Miller, O.M., C.H. Summerson 1960. Slope-Zone maps. *Geographical Review*, 50: 194-202.

Molerá Aparicio, M., Mena Guerrero, Y. 1995. Gestión cinegética del ciervo en Sierra Morena. En: *XIX Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (S.E.O.C.)*, Córdoba, Universidad de Córdoba, pp. 10-17. Disponible on-line en: <www.exopol.com/seoc/docs/3e5lxd8o.pdf>. Acceso: 2/7/2011.

Montes, C., Borja, F., Bravo, M.A., Moreira, J.M. 1998. *Reconocimiento Biofísico de Espacios Naturales Protegidos. Doñana: Una Aproximación Ecosistémica*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla. 526 p.

Morrone, J.J. 2001. *Biogeografía de América Latina y el Caribe*. Manuales y Tesis S.E.A. (Sociedad Entomológica Aragonesa), Vol. 3, Zaragoza. Disponible on-line en: <www.seaentomologia.org/Publicaciones/ManualesTesis/ManualesTesis3/manualestesis3.htm> Acceso: 29/1/2009.

Morrone, J.J. 2006. Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean Islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annual Review of Entomology*, 51: 467–494.

Munsell Soil Color Chart. 1994. Edición revisada. Macbeth Division of Kollmorgan Instruments Corporation. New York.

Murphy, R.E. 1967. A spatial classification of land-forms based on both genetic and empirical factors: a revision. *Annals of the Association of American Geographers*, 57: 185-186.

Murphy, R.E. 1968. Landforms of the world. Annals map supplement Nº 9. *Annals of the Association of American Geographers*, 58: 198-200.

Naveh, Z. 1987. Biocybernetic and thermodynamic perspectives of landscape functions and land use patterns. *Landscape Ecology*, 1(2): 75-83.

Neef, E. 2007. The theoretical foundations of Landscape Study (Traducido del alemán por Olaf Bastian, *Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre*, 1967). En: Wiens, J.A., M. R. Moss, M.G. Turner, D. J. Mladenoff (Eds.): *Foundation papers in landscape ecology*. Columbia University Press, New York. pp. 225-245.

Norberg, J. 1999. Linking Nature's services to ecosystem: some general ecological concepts. *Ecological Economics*, 29: 183-202.

O'Connor, J.M., Duncan, R.A. 1990. Evolution of the Walvis Ridge -Rio Grande rise hot spot system: implications for African and South American plate motions over plumes. *Journal of Geophysical Research*, 95(B11):17475-17502.

Oleaga, A. 2002. *Contribución a la hidrogeología del Acuífero Guaraní en el sector Uruguay. Un enfoque integral*. Unpublished Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, 119 p.

Oyhantçabal, P., Siegesmund, S., Wemmer, K. 2011. The Río de la Plata Craton: a review of units, boundaries, ages and isotopic signature. *International Journal of Earth Sciences*, 100:201-220.

Panario, D. (Ed.) Autores: Caffera, R., C. Céspedes, A. González, O. Gutiérrez, D. Panario. 1991. *Hacia una evaluación de efectos ambientales de la forestación en Uruguay con especies introducidas*. Montevideo, CIEDUR. 102 pp. (Serie Investigaciones Nº 85).

Panario, D. 1988. *Geomorfología del Uruguay, Propuesta de un marco estructural y un esquema de evolución del modelado del relieve uruguayo*. Departamento Publicaciones, Facultad de Humanidades y Ciencias, Universidad de la República, Montevideo. 32 p. (Avances de Investigación).

Panario, D. 1994a. Evolución y tendencia de la vegetación nativa uruguaya I; La pradera. En: Dirección de Suelos, *Boletín Nº 13*: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Montevideo. pp. 37-47.

Panario, D. 1994b. Evolución y tendencia de la vegetación nativa uruguaya II; Apuntes sobre monte indígena. En: Dirección de Suelos: *Boletín Nº 13*. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Montevideo. pp. 49-53.

Panario, D. 1999. La importancia de la Geomorfología en los estudios del Cuaternario. En: *Actas I Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*. Sección Conferencias. Santa Rosa, Universidad Nacional de la Pampa. pp. XLI-XLVIII.

Panario, D., Gallardo, S., Gastó, J. 1987. *Unidades geomorfológicas en el sistema de clasificación de pastizales. Distritos*. Santiago, Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica. 52 p. (Sistemas en Agricultura. Teoría y Avances).

Panario, D., Gutiérrez, O. 1999. The continental Uruguayan Cenozoic: An overview. *Quaternary International*, 62(1):75-84. doi:org/10.1016/S1040-6182(99)00025-7

- Panario, D., Gutiérrez, O., Achkar, M., Bartesaghi, L. Ceroni, M. 2011. Clasificación y mapeo de ambientes de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 149 p. Disponible on-line: <http://vidasilvestre.org.uy/wp-content/uploads/2012/05/Sistema-de-Clasificacion-de-ambientes.pdf>
- Panario, D., Gutiérrez, O., Sánchez Bettucci, L., Peel, E., Oyhantçabal, P., Rabassa, J. 2014. Ancient Landscapes of Uruguay. *En: J. Rabassa, R. R. Maud (Eds.), Gondwana Landscapes in southern South America. Argentina, Uruguay and southern Brazil.* pp. 161-199. Dordrecht, Holanda: Springer Earth System Sciences. doi:10.1007/978-94-007-7702-6_8
- Panario, D., Morato, E., Gastó, J., Gallardo, S. 1988. *Sitio en el Sistema de Clasificación de Pastizales.* Santiago, Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica. 58 p. (Sistemas en Agricultura. Teoría y Avances).
- Paruelo, J. M., Garbulsky, M. F., Guerschman, J. P., Jobbágy, E. G. 2004. Two decades of NDVI in South America: identifying the imprint of global changes. *International Journal of Remote Sensing*, 25: 2793–2806.
- Peel, E., Veroslavsky, G., Fúlfaro, V.J. 1998. Geoquímica de las Pelitas de las Formaciones Castellanos y Migués (Cretácico), Cuenca del Santa Lucía - Uruguay: Consideraciones Paleoambientales. *En: Actas II Congreso Uruguayo de Geología*, Punta del Este, pp. 151-157.
- Peel, M. C., B.L. Finlayson, T. A. McMahon. 2007 Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11: 1633-1644.
- Peltier, L. C. 1950. The geographic cycle in periglacial regions as it is related to climatic geomorphology. *Annals of the Association of American Geographers*, 40: 214–236.
- Peltier, L. C. 1962. Area sampling for terrain analysis. *The Professional Geographer*, 14(2): 24–28. doi:10.1111/j.0033-0124.1962.142_24.x)
- Penck, W. 1953. *Morphological analysis of land forms: A contribution to physical geology.* (Transl. by Czech H and Cumming Boswell K), Macmillan, London, 429 p.
- Penk, W. 1953. *Morphological analysis of land forms: a contribution to physical geology* (Traducido del alemán por H. Czech y K.C. Boxwell, *Die morphologische Analyse*, 1924), Mcmillan, London. 429 p.
- Perea, D., Martínez, S. 2004. Estratigrafía del Mioceno-Pleistoceno en el Litoral Sur-Oeste de Uruguay. *En: Veroslavsky G, Ubilla M, Martínez S (Eds.): Cuencas Sedimentarias de Uruguay: Geología, paleontología y recursos naturales - Cenozoico*, DIRAC, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, pp. 105-124.
- Piccirillo, E.M., Melfi, A.J. 1988. *The Mesozoic Flood Volcanism from the Paraná Basin (Brazil): Petrogenetic and Geophysical Aspects.* Universidade de São Paulo. Instituto Astronômico e Geofísico, San Pablo. 600 p.

- Pimm, S. L., G. J. Russell, J. L. Gittleman, T. M. Brooks. 1995. The future of biodiversity. *Science*, 269: 347-350.
- Preciozzi, F., Spoturno, J., Heinzen, W., Rossi, P. 1985. *Memoria explicativa de la Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000*. Dirección Nacional de Minería y Geología, Ministerio de Industria, Energía y Minería, Montevideo, 92 pil ; 2 mapas fuera de texto.
- Prigogine, I. 1955. *Introduction to thermodynamics of irreversible processes*. Charles C. Thomas publisher LTD, Springfield.
- Rabassa, J., Coronato, A.M., Salemme, M. 2005. Chronology of the Late Cenozoic Patagonian Glaciations and their correlation with biostratigraphic units of the Pampean Region (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, 20:81-103. doi:10.1016/j.jsames.2005.07.004
- Rabassa, J., Ercolano, B., Mazzoni, E., Vázquez, M. 1999. An Early Pleistocene drumlin field in Southernmost South America (Province of Santa Cruz, Argentina). En: *INQUA XV International Congress, Book of Abstract*, Durban, Abstracts: 145.
- Rabassa, J. 2010. Gondwana paleolandscapes: long-term landscape evolution, genesis, distribution and age. *Geociências*, São Paulo, UNESP, 29(4): 541-570.
- Rabassa, J., Carignano, C., Cioccale, M. 2014. A General Overview of Gondwana Landscapes in Argentina. En: J. Rabassa, R. R. Maud (Eds.), *Gondwana Landscapes in southern South America. Argentina, Uruguay and southern Brazil*. (pp. 201-245). Dordrecht, Holanda: Springer Earth System Sciences. doi:10.1007/978-94-007-7702-6_9
- Rapela, C.W., Fanning, C.M., Casquet, C., Pankhurst, R.J., Spalletti, L., Poiré, D., Baldo, E.G. 2011. The Rio de la Plata craton and the adjoining Pan-African/brasiliano terranes: Their origins and incorporation into south-west Gondwana. *Gondwana Research*, 20(4):673–690. doi:10.1016/j.gr.2011.05.001
- Ray, R.G. 1956. *Site-types, growth and yield at Lake Edward Experimental Area Quebec*. Government of Canada, Department of Northern Affairs and National Resources. Forest Branch. Forest Research Division. Technical Note. 27, 53 p.
- Renner, F.G. 1949. Recent advances in methods of restoring deteriorated grazing land. *Proc. United Nations Sci. Conf. on Conserv. and Util. of Resources*, 6: 544-548.
- Renner, F.G., B.W. Allred. 1962. *Classifying rangelands for conservation planning*. U.S. Department of Agriculture, Agr. Handbook. N° 235. 48 p.
- Renner, F.G., E.A. Johnson. 1942. *Improving range conditions for wartime livestock production*. U.S. Department of Agriculture. Farmers' Bulletin, N° 1921, 18 p.
- Rodrigues, S.C., Simões, M.G., Kowalewski, M., Petti, M.A.V., Nonato, E.F., Martinez, S., del Rio, C.J. 2008. Biotic interaction between spionid polychaetes and bouchardiid brachiopods: Paleoecological, taphonomic and evolutionary implications. *Acta Palaeontologica Polonica*, 53(4):657–668.

Rossello, E.A., de Santa Ana, H., Veroslavsky, G. 1999. El lineamiento Santa Lucía–Aiguá–Merín (Uruguay): un rifting transtensivo mesozoico abortado durante la apertura Atlántica? In: *Actas del V Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil-I Simposio sobre el Cretácico de América del Sur*, Serra Negra, vol. 1: pp. 443-448.

Rossello, E.A., de Santa Ana, H., Veroslavsky, G. 2000. El lineamiento Santa Lucía-Aiguá-Merín (Uruguay): un corredor tectónico extensivo y transcurrente dextral precursor de la apertura atlántica. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(4):749-756.

Sánchez Bettucci, L. 1998. *Evolución tectónica del Cinturón Dom Feliciano en la región Minas-Piriápolis, Uruguay*. Unpublished Tesis Doctoral (PhD), Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 344 p.

Sánchez Bettucci, L., Orgeira, M.J., Sánchez, G., Bertoni-Machado, C., Fariña, R.A. 2007. Magnetostratigraphy of the Neogene sediments of SW Uruguay. En: *American Geophysical Union, Spring Meeting 2007*, abstract #GP21A-06 <http://adsabs.harvard.edu//abs/2007AGUSMGP21A..06S>. Acceso 12 Diciembre 2012.

Sánchez Bettucci, L., Oyhantçabal, P., Loureiro, J., Ramos, V.A., Preciozzi, F., Basei, M.A.S. 2004. Mineralizations of the Lavalleya Group (Uruguay), a probable Neoproterozoic volcano–sedimentary sequence. *Gondwana Research*, 7(3):745–751. doi:10.1016/S1342-937X(05)71060-1.

Sánchez Bettucci, L., Peel, E., Masquelin, H. 2010a. Neoproterozoic tectonic synthesis of Uruguay. *International Geology Review*, 52(1):51-78. doi:10.1080/00206810903358095

Sánchez Bettucci, L., Peel, E., Oyhantçabal, P. 2010b. Precambrian geotectonic units of the Río de La Plata craton. *International Geology Review*, 52(1):32-50. doi:10.1080/00206810903211104

Sánchez San Martín, G. 2010. *Estudio magnetoestratigráfico de los sedimentos Cenozoicos del Departamento de San José (balnearios Kiyú, Arazatí y Mauricio)*. Unpublished Tesis de Grado, Universidad de la República, Montevideo, 184 p.

Sans, C. (Coord.) 2010. *Propuesta de Carta de regionalización de los recursos naturales*. Proyecto Carta Ecológica, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. (No publicado). Disponible on-line en: <www.fagro.edu.uy/~geologia/materiales/CARTA%20%20ECO%202010.pdf>. Acceso: 16 julio de 2011.

Sans, C. 1990. *Selección de áreas silvestres para integrar un Sistema Nacional de áreas protegidas*. Estudio Ambiental Nacional – OPP/OEA/BID.

Sganga, J. C. (Coord.). 1985. *Evaluación general preliminar de las inundaciones en la República Oriental del Uruguay*. Montevideo, Dirección de Suelos/CONSEAT. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Suelos. 4p. y anexos.

Silva, F. 1991. *Caracterización de Distritos y Sitios de los pastizales de la Provincia Secoestival Nubosa*, Tesis Ing. Agr. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía, Valparaíso. 284 p.

Soil Conservation Service. 1962. *Technician guide to range site, condition classes and recommended stocking rates in soil conservation districts of the foothill area of central Montanas 10-14" precipitation belt*. Portland, Oregon, U.S. Department of Agriculture. M-4377.

Soil Conservation Service. 1975. *National handbook for native grazing lands*. Portland, Oregon, U.S. Department of Agriculture.

Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy, 11th ed.* U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. Disponible on-line en: <ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil_Taxonomy/keys/2010_Keys_to_Soil_Taxonomy.pdf>. Acceso: 9/2/2011.

Solnetsev, N.A. 2007. The natural geographic landscape and some of its general rules (Proc. Second All-Union Geographical Congress, 1948). En: Wiens, J.A., M. R. Moss, M. G. Turner, D. J. Mladenoff (Eds.): *Foundation papers in landscape ecology*. Columbia University Press, New York. pp. 19-27.

Sombroek, W.G. 1969. *Soil studies in the Merin Lagoon basin: Merin lagoon regional project*. Treinta y Tres. CLM/PNUD/FAO, LM 131, Treinta y Tres, Uruguay, vol. 1.

Soriano, A., León, R.J.C., Sala, O.E., Lavado, R.S., Deregibus, V.A., Cauhépé, M.A., et al. 1992. Rio de la Plata grasslands. En: Coupland, R.T. (Ed.): *Natural Grasslands: Introduction and Western Hemisphere. Ecosystems of the World 8A*, pp. 367-407. Elsevier, Amsterdam.

Soulé, M.E., Sanjayan, M.A. 1998. Conservation targets: do they help? *Science*, 279: 2060-2061.

Spoturno, J., Oyhantçabal, P. (Coord) 2004. *Mapa de Recursos Minerales del Departamento de San José a escala 1:100.000*. Proyecto CONICYT 6019 - Fondo Clemente Estable. Convenio Departamento de Geología (Facultad de Ciencias - UdelaR) – Dirección Nacional de Minería y Geología (Ministerio de Industria, Energía y Minería)

Stoackes, F.A., Campbell, C.V., Cass, R., Ucha, N. 1991. Seismic stratigraphic analysis of the Punta del Este Basin, offshore Uruguay, South America. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 75(2):219-240.

Strahler, A.N. 1946. Geomorphic terminology and classification of land masses. *Journal of Geology*, 54(1):32-42.

Sullivan-Sealey, K., Bustamante, G. 1999. *Setting geographic priorities for marine conservation in Latin America and the Caribbean*. The Nature Conservancy, Arlington, Virginia. 125 p.

Swinton, S.M., Quiroz, R.A. Paredes, S. Reinoso, J. R. Valdivia, R. 2001. Using farm data to validate agroecological zones in the Lake Titicaca basin, Peru. *En: Proceedings – The Third International Symposium on Systems Approaches for Agricultural Development*, 11p. Disponible on-line en: <inrm.cip.cgiar.org/home/publicat/01cpb030.pdf>. Acceso: 2/7/2011.

Teixeira, A. 1980. *Diccionario geológico-geomorfológico*. Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística (IBGE). Río de Janeiro, Brasil.

Thomaz-Filho, A., Mizusaki, A.M.P., Milani, E.J., Cesero, P. de 2000. Rifting and magmatism associated with the South America and Africa break up. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(1):17-19.

Thornhwaite, C. W. 1948. An Approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38: 55-94.

Tilman, D. 2000. Causes, consequences and ethics of biodiversity. *Nature*, 405: 208-211.

Tófalo, O.R., Morrás, H., Sánchez, L., Peccoits, E., Aubet, N., Zech, W., Moretti, L. 2006. Litofacies y Paleosuelos de las Fms. Raigón (Plioceno Tardío-Pleistoceno Medio) y Libertad (Pleistoceno Inferior-Medio?), Uruguay. *En: Actas 3º Congreso Argentino del Cuaternario y Geomorfología*, Córdoba, vol. 1: pp. 807-816.

Tófalo, O.R., Morrás, H.J.M. 2009. Evidencias paleoclimáticas en duricostras, paleosuelos y sedimentitas silicoclásticas del Cenozoico de Uruguay. *Rev. Asoc. Geol. Argent.* 65(4):674-686.

Tricart, J., Cailleux, A. 1965. *Traité de géomorphologie, Tomo 1: Introduction à la géomorphologie climatique*. SEDES, Paris. 306 p.

Tricart, J., Kilian, J. 1982. *La Ecogeografía y la ordenación del medio natural*. Anagrama, Barcelona. 288 p.

Troeh, F. R. 1965. Landform equations fitted to contour maps. *American Journal of Science*, 263: 616-627. doi:10.2475/ajs.263.7.616

Turner, S., Regelous, M., Kelley, S., Hawkesworth, C., Mantovani, M. 1994. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: High precision 40Ar-39Ar geochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, 121(3-4):333-348. doi:org/10.1016/0012-821X(94)90076-0

Ubilla, M., Perea, D., Goso Aguilar, C., Lorenzo, N. 2004. Late Pleistocene vertebrates from northern Uruguay: tools for biostratigraphic, climatic and environmental reconstruction. *Quaternary International*, 114(1):129-142. doi:10.1016/S1040-6182(03)00048-X

Ucha, N., de Santa Ana, H., Veroslavsky, G. 2004. La cuenca Punta del Este: geología y potencial hidrocarburífero. *En: Veroslavsky, G., Ubilla, M., Martínez, S. (Eds.) Cuencas*

sedimentarias de Uruguay: Geología, Paleontología y Recursos Naturales. Mesozoico, 2da ed., DIRAC, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, pp. 173-192.

Udo de Haes, H.A., Klijn, F. 1994. Environmental Policy and Ecosystem Classification. En: Klijn, F. (Ed.): *Ecosystem Classification for Environmental Management*. Dordrecht-Boston-London, Kluwer Academic Publishers. pp. 1-21.

Vail, P.R., Mitchum, R.M., Todd, R.G., Widmier, J.M., Thompson, S., Sangree, J.B., Bubb, J.N., Hatlelid, W.G. 1977. Seismic stratigraphy and global changes on sea-level. En: Payton, C.E. (Ed.) *Seismic stratigraphy: Application to hydrocarbon exploration*. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Okla, Memoir N° 26: pp. 49-212.

Veroslavsky, G., Fulfaro, V., de Santa Ana, H. 2006. El Devónico en Uruguay: estratigrafía, correlación geológica y recursos minerales. En: Veroslavsky, G., Ubilla, M., Martínez, S. (Ed.) *Cuencas Sedimentarias del Uruguay, Geología, paleontología y recursos naturales - Paleozoico*, DIRAC, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, pp. 107-132.

Veroslavsky, G., Martínez, S. 1996. Registros no depositacionales del Paleoceno-Eoceno del Uruguay: nuevo enfoque para viejos problemas. *Revista Universidade Guarulhos Serie Geociências*, 1:32-41.

Veroslavsky, G., Martínez, S., de Santa Ana, H. 1997. Calcretas de aguas subterráneas y pedogénicas: génesis de los depósitos carbonáticos de la Cuenca de Santa Lucía, sur del Uruguay (Cretácico Superior? – Paleógeno). *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, 4(1):25-35.

Veroslavsky, G., Montañó, J. 2004. Sedimentología y estratigrafía de la Formación Salto (Pleistoceno). En: Veroslavsky, G., Ubilla, M., Martínez, S. (Eds.) *Cuencas Sedimentarias de Uruguay: Geología, paleontología y recursos naturales - Cenozoico*, DIRAC, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, pp. 147-166.

Veroslavsky, G. 1999. Geologia da Bacia de Santa Lucía-Uruguaí. Unpublished Tesis doctoral (PhD), Universidad Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 152 p.

Vinogradov, B.V. 1967. The landscape conception and its use in the grassland territories. En: 2nd. International Seminar Integrated Surveys Natural Áreas. ITC - UNESCO Center on Integrated Surveys, Delft. April.

Von Engel, O. D. 1942. *Geomorphology: Systematic and Regional*. The Macmillan Company, New York, 655 p.

Von Glasersfeld, E. 1994. Despedida de la objetividad. En: Watzlawich, P., P. Krieg (Eds.): *El ojo del observador. Contribuciones al constructivismo*. Barcelona, Ed. Gedisa. (1er. edición del original en alemán 1991). pp. 19-31.

Wilson, E.O. 1992. *The diversity of life*. Norton WW & Company. New York. 424 p.

Referencias

Zárate, M.A. 2003. Loess of southern South America. *Quaternary Science Reviews*. 22(18-19):1987-2006. doi:10.1016/S0277-3791(03)00165-3

Zonneveld, I.S. 1972. *Evaluación de tierras y ciencias del paisaje*. Ministerio de Ganadería y Agricultura. Programa de Estudio y Levantamiento de Suelos. Montevideo.

Zonneveld, I.S. 1995. *Land ecology*. SPB Academic Publishing, Amsterdam. 199 p.

ANEXOS

ANEXO 1. LISTADO DE PUBLICACIONES RELACIONADAS CON LA TESIS

LISTADO DE PUBLICACIONES ACADÉMICAS - CAPÍTULOS

Panario, D., Gutiérrez, O., Sánchez Bettucci, L., Peel, E., Oyhançabal, P., Rabassa, J. 2014. Ancient Landscapes of Uruguay. En: J. Rabassa, R. R. Maud (Eds.), *Gondwana Landscapes in southern South America. Argentina, Uruguay and southern Brazil*. (pp. 161-199). Dordrecht, Holanda: Springer Earth System Sciences. doi:10.1007/978-94-007-7702-6_8

Panario, D., Gutiérrez, O., Achkar, M., Bartesaghi, L. Ceroni, M. 2015. Clasificación y mapeo de ambientes de Uruguay. En: Brazeiro A. (ed.). *Eco-Regiones de Uruguay: Biodiversidad, Presiones y Conservación. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad*. Facultad de Ciencias, CIEDUR, VS-Uruguay, SZU. Montevideo. 32-45 pp.

Brazeiro, A., **Panario, D.**, Soutullo, A., Gutiérrez, O., Segura, A. Mai, P. 2015. Identificación y delimitación de eco-regiones de Uruguay. En: Brazeiro A. (ed.). *Eco-Regiones de Uruguay: Biodiversidad, Presiones y Conservación. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad*. Facultad de Ciencias, CIEDUR, VS-Uruguay, SZU. Montevideo. 46-59 pp.

Gutiérrez O., **Panario, D.**, Achkar, M., Bartesaghi, L., Brazeiro, A. 2015. Identificación y delimitación de corredores de conservación. En: Brazeiro A. (ed.). *Eco-Regiones de Uruguay: Biodiversidad, Presiones y Conservación. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad*. Facultad de Ciencias, CIEDUR, VS-Uruguay, SZU. Montevideo. 100-113 pp.

LISTADO DE PUBLICACIONES NO ACADÉMICAS - INFORMES TÉCNICOS

Panario, D., Gutiérrez, O., Achkar, M., Bartesaghi, L. Ceroni, M. 2011. Clasificación y mapeo de ambientes de Uruguay. . Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 149 p.

Brazeiro, A., **Panario, D.**, Soutullo, A., Gutiérrez, O., Segura, A. Mai, P. 2012. Clasificación y delimitación de las eco-regiones de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 40 p.

Soutullo, A., Bartesaghi, L., Achkar, M., Blum, A., Brazeiro, A., Ceroni, M., Gutiérrez, O., **Panario, D.** Rodríguez-Gallego, L. 2012. Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 20 p.

Gutiérrez, O., **Panario, D.**, Achkar, M. Brazeiro, A. 2012. Corredores biológicos de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 31 p.

ANEXO 2. BREVE CARACTERIZACIÓN DE LOS 95 SITIOS PROPUESTOS

Para cada unidad, a efectos de facilitar la lectura del código resultante (ver **Tabla 5.3**), se realiza la descripción de las características físicas de cada Sitio, y se detalla la forma de vida asociada:

1. DPPNPNN - Comprende formaciones vegetales de bañado, que se desarrollan sobre relieve de depresión con suelos de profundidad profundos, de textura pesada, drenaje nulo, permanentemente inundado, de pH neutro y rocosidad baja-nula.
2. DPPNPSN - Comprende formaciones vegetales de bañado, que se desarrollan sobre relieve de depresión con suelos de profundidad profundos, de textura pesada, drenaje nulo, permanentemente inundado, de pH salino y rocosidad baja-nula.
3. OMLENHN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad media, de textura liviana, drenaje extremadamente rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad baja-nula.
4. OMLRNHM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad media, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad media.
5. OMLRNMM - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad media, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.
6. OMMMHNMM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad media, de textura media, drenaje moderado, hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.
7. OMMMNNNA - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad media, de textura media, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad alta.
8. OMMMNNMM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad media, de textura media, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.
9. OMMMNNNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad media, de textura media, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.
10. OPLENHN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad profundos, de textura liviana,

drenaje extremadamente rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad baja-nula.

11. OPMMHNN - comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad profundos, de textura media, drenaje moderado, hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

12. OPMMNNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad profundos, de textura media, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

13. OPPLNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad profundos, de textura pesada, drenaje lento, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

14. OPPMNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad profundos, de textura pesada, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

15. OSLENHA - Comprende formaciones vegetales de bosque, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad superficiales, de textura liviana, drenaje extremadamente rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad alta.

16. OSLRNHA - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad superficiales, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad alta.

17. OSLRNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad superficiales, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

18. OSMNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad superficiales, de textura media, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

19. OSMRNNA - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad superficiales, de textura media, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad alta.

20. OSMRNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad superficiales, de textura media, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

21. OSMRNNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad superficiales, de textura media, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

22. OSPRNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve ondulado con suelos de profundidad superficiales, de textura pesada,

drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

23. PMLENHN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura liviana, drenaje extremadamente rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad baja-nula.

24. PMLLHNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura liviana, drenaje lento, hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

25. PMLMNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura liviana, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

26. PMLRHNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura liviana, drenaje rápido, hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

27. PMLRNHM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad media.

28. PMLRNHN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad baja-nula.

29. PMLRNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

30. PMLRNNM-f - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro, rocosidad media y de fertilidad extremadamente baja.

31. PMLRNNN-p - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura liviana, pedregosos, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

32. PMMMHNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura media, drenaje moderado, hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

33. PMMMNNA - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura media, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad alta.

34. PMMMNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura media, drenaje

moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

35. PMMMMNNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura media, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

36. PMMMMNNN-c - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura media calcimórficos, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

37. PMMMMNNN-f - Comprende formaciones vegetales de arbustal, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura media, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro, rocosidad baja-nula y de fertilidad extremadamente baja.

38. PMPLNNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura pesada, drenaje lento, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

39. PMPMNNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad media, de textura pesada, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

40. PPLENHN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje extremadamente rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad baja-nula.

41. PPLENNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje extremadamente rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

42. PPLENNN-b - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje extremadamente rápido, no hidromórfico, de pH neutro, rocosidad baja-nula y con exposición a barlovento.

43. PPLENNN-s - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje extremadamente rápido, no hidromórfico, de pH neutro, rocosidad baja-nula y con exposición a sotavento.

44. PPLLINN - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje lento, intermitentemente inundado, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

45. PPLLTNN - Comprende formaciones vegetales de bañado, que se desarrollan

sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje lento, temporalmente inundado, de pH neutro y rocosidad baja-nula

46. PPLTSN - Comprende formaciones vegetales de bañado, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje lento, temporalmente inundado, de pH salino y rocosidad baja-nula.

47. PPLMHHN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje moderado, hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad baja-nula.

48. PPLMHNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje moderado, hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

49. PPLMHNN-f - Comprende formaciones vegetales de arbustal, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje moderado, hidromórfico, de pH neutro, rocosidad baja-nula y de fertilidad extremadamente baja.

50. PPLMNNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

51. PPLRHHN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje rápido, hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad baja-nula.

52. PPLRHNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje rápido, hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

53. PPLRNHM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad media.

54. PPLRNHN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad baja-nula.

55. PPLRNNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

56. PPLRNNN-f - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro, rocosidad baja-nula y de fertilidad extremadamente baja.

57. PPMLHNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media, drenaje lento, hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.
58. PPMLIAN - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media, drenaje moderado, intermitentemente inundado, de pH neutro y rocosidad baja-nula.
59. PPMLINN - Comprende formaciones vegetales de palmar, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media, drenaje lento, intermitentemente inundado, de pH neutro y rocosidad baja-nula.
60. PPMLISN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media, drenaje lento, intermitentemente inundado, de pH salino y rocosidad baja-nula.
61. PPMLNNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media, drenaje lento, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.
62. PPMLTNN - Comprende formaciones vegetales de bañado, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media, drenaje lento, temporalmente inundado, de pH neutro y rocosidad baja-nula.
63. PPMMHNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media, drenaje moderado, hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.
64. PPMMINN - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media, drenaje moderado, intermitentemente inundado, de pH neutro y rocosidad baja-nula.
65. PPMMNMM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.
66. PPMMNMM-c - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media calcimórficos, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.
67. PPMMNMMN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.
68. PPMMNMMN-c - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se

desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media calcimórficos, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

69. PPMRNHN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad baja-nula.

70. PPMRNNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

71. PPMRNNN-c - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura media calcimórficos, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

72. PPPLIAN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura pesada, drenaje lento, intermitentemente inundado, de pH alcalino y rocosidad baja-nula.

73. PPPLINN - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura pesada, drenaje lento, intermitentemente inundado, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

74. PPPLNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura pesada, drenaje lento, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

75. PPPLNNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura pesada, drenaje lento, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

76. PPPLTNN - Comprende formaciones vegetales de bañado, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura pesada, drenaje lento, temporalmente inundado, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

77. PPPMNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura pesada, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

78. PPPMNNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura pesada, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

79. PPPNPNN - Comprende formaciones vegetales de bañado, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura pesada, drenaje

nulo, permanentemente inundado, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

80. PPPNPSN - Comprende formaciones vegetales de bañado, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad profundos, de textura pesada, drenaje nulo, permanentemente inundado, de pH salino y rocosidad baja-nula.

81. PSLENHA - Comprende formaciones vegetales de bosque, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad superficiales, de textura liviana, drenaje extremadamente rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad alta

82. PSLRNHA - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad superficiales, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad alta.

83. PSLRNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad superficiales, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

84. PSMNMM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad superficiales, de textura media, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

85. PSMRNNA - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad superficiales, de textura media, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad alta.

86. PSMRNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad superficiales, de textura media, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

87. PSMRNNN - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad superficiales, de textura media, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad baja-nula.

88. PSPRNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve plano con suelos de profundidad superficiales, de textura pesada, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

89. SMLRNHM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve serrano con suelos de profundidad media, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad media.

90. SMLRNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve serrano con suelos de profundidad media, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

91. SSLENHA - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve serrano con suelos de profundidad superficiales, de textura liviana, drenaje extremadamente rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y

rocosidad alta.

92. SSLRNHA - Comprende formaciones vegetales de pradera arbolada, que se desarrollan sobre relieve serrano con suelos de profundidad superficiales, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH muy ácido y rocosidad alta.

93. SSLRNMM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve serrano con suelos de profundidad superficiales, de textura liviana, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

94. SSMMNNM - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve serrano con suelos de profundidad superficiales, de textura media, drenaje moderado, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad media.

95. SSMRNNA - Comprende formaciones vegetales de pradera, que se desarrollan sobre relieve serrano con suelos de profundidad superficiales, de textura media, drenaje rápido, no hidromórfico, de pH neutro y rocosidad alta.

ANEXO 3. RELACIÓN ENTRE SITIOS Y ECO-ZONAS

Tabla Anexo 0.1. Sitios y su ocurrencia en las diferentes zonas morfo-geo-estructurales.

| Sitio | Número de polígonos (Ocurrencia) | Área (ha) | Promedio | Desvío Standart | Ocurrencia Cuesta Basáltica | C.B. Área (ha) | Ocurrencia Escudo Cristalino | E.C. Área (ha) | Graben de Santa Lucía | Ocurrencia G:S.L. Área (ha) | Cuenca Sedimentaria Gondwánica | CSG Área (ha) | Ocurrencia Isla Cristalina de Rivera | I.C.R. Área (ha) | Ocurrencia Graben de la Laguna Merín | G.L.M. Área (ha) | Ocurrencia Cuenca Sedimentaria del Sur-Oeste | C.S.O Ara (ha) | Ocurrencia Sierras del Este | S.E. Área (ha) | Ocurrencia Cuenca Sedimentaria del Este | C.S.O Área (ha) | |
|----------|----------------------------------|-----------|----------|-----------------|-----------------------------|----------------|------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|--|----------------|-----------------------------|----------------|---|-----------------|--|
| MLENHN | 272 | 142.856 | 525 | 1.537 | 1 | 39 | | | | | 271 | 142.818 | | | | | | | | | | | |
| MLLHNN | 3 | 5.873 | 1.958 | 772 | | | | | | | 3 | 5.873 | | | | | | | | | | | |
| MLMNNM | 198 | 114.371 | 578 | 1.020 | 62 | 31.163 | 1 | 123 | | | 3 | 150 | | | | | 132 | 82.934 | | | | | |
| MLRHNN | 44 | 36.056 | 819 | 1.165 | | | | | | | | | | | | | 44 | 36.056 | | | | | |
| MLRNHM | 900 | 846.523 | 941 | 3.201 | | | 6 | 764 | 7 | 1.006 | 26 | 5.157 | 14 | 22.604 | 28 | 10.742 | | | 819 | 806.250 | | | |
| MLRNHN | 76 | 72.246 | 951 | 1.570 | 2 | 524 | | | | | 73 | 71.160 | 1 | 563 | | | | | | | | | |
| MLRNNM | 1.775 | 1.975.050 | 1.113 | 6.047 | 1 | 14 | 543 | 1.091.641 | 52 | 20.332 | 170 | 76.804 | 14 | 96.556 | 41 | 8.364 | 13 | 17.887 | 912 | 654.089 | 29 | 9.363 | |
| MLRNNN-p | 110 | 56.642 | 515 | 765 | 11 | 2.521 | | | 32 | 10.688 | | | | | | | 67 | 43.433 | | | | | |
| MMMHNM | 462 | 365.919 | 792 | 3.527 | 99 | 36.667 | 132 | 44.978 | | | | | | | | | 231 | 284.275 | | | | | |
| MMMHNM-c | 448 | 66.699 | 149 | 301 | 76 | 15.871 | 47 | 8.104 | 1 | 82 | | | | | | | 323 | 42.461 | | | 1 | 180 | |
| MMMNNA | 150 | 39.812 | 265 | 400 | | | 145 | 39.160 | 2 | 276 | 1 | 183 | | | | | 2 | 193 | | | | | |
| MMMNNM | 551 | 474.813 | 862 | 1.919 | | | 17 | 2.898 | | | | | 2 | 638 | 53 | 36.435 | | | 479 | 434.842 | | | |
| MMMNNN | 1.573 | 812.756 | 517 | 1.782 | 1 | 158 | 734 | 146.187 | 150 | 56.803 | 323 | 333.206 | 52 | 44.566 | 6 | 3.219 | 2 | 57 | 262 | 214.865 | 43 | 13.696 | |
| MMMNNN-c | 179 | 134.054 | 749 | 1.661 | | | 8 | 2.730 | 24 | 13.352 | | | | | | | 113 | 92.122 | | | 34 | 25.850 | |
| MPLNNN | 238 | 124.645 | 524 | 971 | | | | | | | 235 | 123.827 | 3 | 818 | | | | | | | | | |
| MPMNNN | 37 | 28.559 | 772 | 824 | | | | | | | 37 | 28.559 | | | | | | | | | | | |
| PLENHN | 280 | 200.223 | 715 | 1.728 | 5 | 2.404 | | | | | 275 | 197.819 | | | | | | | | | | | |
| PLENNN | 14 | 2.725 | 195 | 193 | | | | | 5 | 734 | | | | | | | | | | | 9 | 1.990 | |
| PLENNN-b | 164 | 84.174 | 513 | 1.314 | | | | | 16 | 20.054 | | | | | 96 | 53.515 | 12 | 2.641 | 3 | 136 | 37 | 7.828 | |
| PLENNN-s | 206 | 38.170 | 185 | 311 | 30 | 7.567 | 46 | 3.097 | | | 77 | 16.315 | 2 | 613 | 12 | 1.303 | 34 | 8.969 | 5 | 308 | | | |
| PLLINN | 95 | 83.206 | 876 | 3.093 | | | 13 | 18.144 | | | 14 | 12.609 | | | 44 | 43.462 | 2 | 217 | 21 | 8.261 | 1 | 514 | |
| PLLTNN | 45 | 41.681 | 926 | 2.017 | | | | | 4 | 1.973 | | | | | 35 | 36.106 | 1 | 1.353 | | | 5 | 2.249 | |
| PLLTSN | 21 | 10.822 | 515 | 729 | | | | | | | | | | | 19 | 10.474 | | | | | 2 | 348 | |
| PLMHNN | 54 | 38.480 | 713 | 1.277 | | | | | 2 | 1.509 | | | | | 43 | 35.773 | | | 9 | 1.198 | | | |

(Continuación **Tabla Anexo 0.1**)

| Sitio | Número de polígonos (Ocurrencia) | Área(ha) | Promedio | Desvío Standart | Ocurrencia Cuesta Basáltica | C.B. Área (ha) | Ocurrencia Escudo Cristalino | E.C. Área (ha) | Graben de Santa Lucía | Ocurrencia G:S.L. Área (ha) | Cuenca Sedimentaria Gondwánica | CSG Área (ha) | Ocurrencia Isla Cristalina de Rivera | I.C.R. Área (ha) | Ocurrencia Graben de la Laguna Merín | G.L.M. Área (ha) | Ocurrencia Cuenca Sedimentaria del Sur-Oeste | C.S.O Ara (ha) | Ocurrencia Sierras del Este | S.E. Área (ha) | Ocurrencia Cuenca Sedimentaria del Sur-Oeste | C.S.O Área (ha) |
|----------|----------------------------------|----------|----------|-----------------|-----------------------------|----------------|------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|--|----------------|-----------------------------|----------------|--|-----------------|
| PLMHNN | 228 | 261.577 | 1.147 | 4.248 | 60 | 26.646 | 11 | 1.266 | 1 | 185 | 18 | 14.312 | | | | | 133 | 213.204 | | | 5 | 5.964 |
| PLMNNN | 324 | 200.702 | 619 | 2.158 | 20 | 7.409 | 1 | 48 | 50 | 16.110 | | | | | | | 253 | 177.134 | | | | |
| PLRHNN | 410 | 196.322 | 479 | 1.185 | 22 | 11.961 | | | | | 388 | 184.362 | | | | | | | | | | |
| PLRHNN | 23 | 43.021 | 1.870 | 3.059 | | | | | | | 23 | 43.021 | | | | | | | | | | |
| PLRNHM | 64 | 77.225 | 1.207 | 3.095 | | | | | | | 64 | 77.225 | | | | | | | | | | |
| PLRNHN | 9 | 5.639 | 627 | 957 | | | | | | | 9 | 5.639 | | | | | | | | | | |
| PLRNNN | 15 | 16.870 | 1.125 | 2.144 | | | | | | | 15 | 16.870 | | | | | | | | | | |
| PLRNNN-f | 57 | 15.303 | 268 | 363 | 1 | 63 | 4 | 561 | | | 52 | 14.679 | | | | | | | | | | |
| PMLHNN | 1.707 | 938.654 | 550 | 2.023 | 21 | 5.594 | 6 | 1.243 | 188 | 74.422 | 1.067 | 403.966 | 8 | 1.550 | 362 | 428.727 | 38 | 17.676 | 14 | 2.893 | 3 | 2.583 |
| PMLIAN | 1.722 | 718.088 | 417 | 1.140 | 47 | 9.401 | 232 | 48.330 | 59 | 54.438 | 682 | 207.217 | 1 | 166 | 300 | 127.003 | 384 | 263.205 | 1 | 58 | 16 | 8.269 |
| PMLINN | 491 | 277.598 | 565 | 2.115 | | | 24 | 4.637 | | | 3 | 314 | | | 379 | 257.578 | 1 | 945 | 83 | 13.712 | 1 | 412 |
| PMLISN | 18 | 5.152 | 286 | 312 | | | | | 2 | 483 | | | | | 15 | 4.624 | | | | | 1 | 45 |
| PMLNNN | 23 | 58.329 | 2.536 | 5.566 | | | 23 | 58.329 | | | | | | | | | | | | | | |
| PMLTNN | 272 | 118.694 | 436 | 734 | | | 1 | 223 | | | 70 | 27.821 | | | 184 | 88.574 | 2 | 232 | 15 | 1.845 | | |
| PMMHNN | 397 | 255.144 | 643 | 1.885 | 4 | 1.142 | 15 | 3.869 | 49 | 42.922 | 218 | 57.538 | | | 91 | 144.937 | | | 20 | 4.737 | | |
| PMMHNN-c | 155 | 89.090 | 575 | 1.324 | | | 28 | 43.045 | 60 | 30.430 | | | | | 1 | 415 | 11 | 2.966 | | | 55 | 12.235 |
| PMMINN | 108 | 39.929 | 370 | 987 | | | 12 | 2.222 | 72 | 33.749 | | | | | | | | | 5 | 778 | 19 | 3.180 |
| PMMNNM | 168 | 36.685 | 218 | 446 | | | 149 | 23.997 | 12 | 2.548 | | | | | 3 | 2.131 | | | 4 | 8.009 | | |
| PMMNNM-c | 1.557 | 351.562 | 226 | 644 | | | 1.494 | 341.538 | 37 | 6.663 | 2 | 50 | | | | | 18 | 2.126 | 5 | 1.018 | 1 | 167 |
| PMMNNN | 536 | 150.894 | 282 | 634 | 40 | 13.287 | 233 | 27.966 | 2 | 205 | 92 | 38.337 | | | | | 167 | 70.988 | | | 2 | 112 |
| PMMNNN-c | 1.246 | 890.864 | 715 | 1.788 | | | 121 | 71.663 | 97 | 66.994 | 1 | 252 | | | 284 | 225.747 | 625 | 455.368 | 31 | 13.536 | 87 | 57.303 |
| PMRNHN | 26 | 13.269 | 510 | 415 | | | | | | | 25 | 12.848 | | | | | | | 1 | 421 | | |

(Continuación **Tabla Anexo 0.1**)

| Sitio | Número de polígonos (Ocurrencia) | Área(ha) | Promedio | Desvio Standart | Ocurrencia Cuesta Basáltica | C.B. Área (ha) | Ocurrencia Escudo Cristalino | E.C. Área (ha) | Graben de Santa Lucia | Ocurrencia G.S.L. Área (ha) | Cuenca Sedimentaria Gondwánica | CSG Área (ha) | Ocurrencia Isla Cristalina de Rivera | I.C.R. Área (ha) | Ocurrencia Graben de la Laguna María | G.L.M. Área (ha) | Ocurrencia Cuenca Sedimentaria del Sur-Oeste | C.S.O Ara (ha) | Ocurrencia Sierras del Este | S.E. Área (ha) | Ocurrencia Cuenca Sedimentaria del Sur-Oeste | C.S.O Área (ha) | |
|------------------------------|----------------------------------|-----------|----------|-----------------|-----------------------------|----------------|------------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|--|----------------|-----------------------------|----------------|--|-----------------|--|
| PMRNNN | 224 | 179.456 | 801 | 1.361 | | | | | | | 224 | 179.456 | | | | | | | | | | | |
| PMRNNN-c | 27 | 76.986 | 2.851 | 5.578 | | | | | | | | | | | | | 25 | 75.533 | | | 2 | 1.453 | |
| PPLINN | 462 | 409.881 | 887 | 3.693 | 47 | 154.061 | 148 | 41.328 | 46 | 40.235 | 4 | 3.194 | | | | | 180 | 158.449 | 10 | 2.804 | 26 | 9.788 | |
| PPLNNM | 3.693 | 1.195.394 | 324 | 808 | 3.546 | 1.153.543 | 1 | 54 | | | 52 | 6.368 | | | 12 | 13.465 | 64 | 13.967 | 18 | 7.998 | | | |
| PPLNNN | 2.261 | 957.548 | 424 | 1.158 | 205 | 59.126 | 901 | 361.060 | 664 | 401.508 | 81 | 36.323 | 2 | 105 | | | 344 | 77.323 | 23 | 3.692 | 41 | 18.411 | |
| PPLTNN | 408 | 340.949 | 836 | 2.903 | 5 | 2.905 | | | 1 | 350 | 269 | 299.578 | 2 | 84 | | | 128 | 36.455 | 3 | 1.577 | | | |
| PPMNNM | 79 | 82.727 | 1.047 | 3.018 | 77 | 81.764 | | | | | 2 | 963 | | | | | | | | | | | |
| PPMNNN | 292 | 211.914 | 726 | 2.562 | 41 | 5.218 | 29 | 60.245 | | | 83 | 58.435 | | | | | 139 | 88.016 | | | | | |
| PPNPNN | 109 | 86.492 | 794 | 1.613 | | | | | 23 | 18.787 | 51 | 31.626 | | | 24 | 31.606 | 8 | 3.123 | | | 3 | 1.350 | |
| PPNPSN | 39 | 14.454 | 371 | 655 | | | | | | | 1 | 27 | | | 37 | 14.373 | 1 | 54 | | | | | |
| SLENHA | 202 | 35.666 | 177 | 525 | 5 | 402 | | | | | 194 | 35.106 | | | | | 2 | 145 | 1 | 13 | | | |
| SLRNHA | 1.685 | 429.161 | 255 | 716 | | | 5 | 1.945 | 4 | 656 | 34 | 5.042 | 8 | 6.116 | 75 | 24.874 | | | 1.559 | 390.528 | | | |
| SLRNNM | 202 | 144.790 | 717 | 3.987 | 28 | 88.035 | | | | | 171 | 56.595 | | | | | | | 3 | 160 | | | |
| SMMNNM | 1.830 | 488.352 | 267 | 1.030 | 1.727 | 467.951 | 2 | 759 | 5 | 2.186 | 59 | 10.732 | | | | | 31 | 5.186 | 6 | 1.538 | | | |
| SMRNNA | 2.051 | 1.508.390 | 735 | 7.031 | 1.924 | 1.481.435 | | | | | 93 | 23.395 | | | | | 27 | 3.279 | 7 | 281 | | | |
| SMRNNM | 2.594 | 704.262 | 271 | 583 | 2.365 | 632.403 | 12 | 1.335 | | | 189 | 65.545 | | | | | 22 | 2.957 | 6 | 2.022 | | | |
| SMRNNN | 14 | 21.211 | 1.515 | 3.166 | | | | | | | 14 | 21.211 | | | | | | | | | | | |
| Área Total 17.444.599 | | | -- | -- | CB SubT 4.299.274 | | EC SubT 2.453.489 | | GSL SubT 919.680 | | GSG SubT 2.952.527 | | ICR SubT 74.379 | | GL SubT 1.603.447 | | CS SubT 2.280.929 | | SE SubT 2.577.569 | | CSSO SubT 183.290 | | |

