CONVENIO MGAP/PPR – SOCIEDAD ZOOLOGICA DEL URUGUAY

Eco-regionalización del Uruguay

CLASIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LAS ECO-REGIONES DE URUGUAY

Coordinador General

Alejandro Brazeiro

Coordinadores de Producto

Alejandro Brazeiro, Daniel Panario y Alvaro Soutullo

Investigadores

Ofelia Gutierrez

Investigadores consultores

Angel Segura

Patricia Mai

Montevideo, abril 2012

Cita recomendada: Brazeiro A, Panario D, Soutullo A, Gutierrez O, Segura A y 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. 40p.

PRESENTACION

El presente informe se enmarca en el convenio de trabajo firmado entre el MGAP-Proyecto de Producción Responsable y la Sociedad Zoológica del Uruguay, para la implementación de una Eco-regionalización del Uruguay, cuyo objetivo general es:

Desarrollar un esquema de eco-regionalizción del territorio Uruguayo para la planificación ambiental del país, que incluya la delimitación y caracterización ambiental de las eco-regiones y una evaluación de sus valores de conservación, presiones y amenazas.

En particular, en este informe se presenta el primer producto comprometido, que se enfoca en la delimitación de eco-regiones de Uruguay. Cabe destacar que la presente propuesta de eco-regionalización, ha sido previamente difundida a la comunidad científico-técnica del país vinculada al área ambiental en dos oportunidades: (1) Mesa Redonda "Eco-regionalización de Uruguay", en el marco del Primer Congreso Uruguayo de Zoología (diciembre 2010, Montevideo, Uruguay), y (2) Jornada de adhesión al mes del Medio Ambiente (junio 2011), organizado por el Proyecto PPR/MGAP.

1. INTRODUCCIÓN

Las estrategias de conservación han evolucionado fuertemente en las últimas décadas. Se ha ido dejado atrás la conservación oportunística y basada en la selección descontextualizada sitio a sitio, para avanzar en la consolidación de un sólido marco conceptual, que en términos genéricos es denominado en la actualidad como Planificación Sistemática para la conservación (Moilanen et al. 2009). En este marco, existe consenso respecto a que la planificación debería basarse en ciertos principios rectores, siendo la **representatividad** y **complementariedad** elementos centrales. Según estos principios, las estrategias de conservación deberían apuntar a conservar una muestra representativa de la biodiversidad del país o región focal, incluyendo elementos destacados dentro de sus componentes, procesos y estructuras (Noss 1990). En este contexto, el valor de cada posible unidad de manejo debe ser evaluado en base a su complementariedad, es decir, en función de su aporte a la protección de elementos no contemplados en las unidades de conservación existentes.

El enfoque eco-regional de conservación (EERC), desarrollado a la luz de los principios rectores de representatividad y complementariedad, es una herramienta de gestión ambiental orientado a la protección de la biodiversidad en paisajes productivos, en un marco de sustentabilidad (Dinerstein et al. 2000). Las bases conceptuales fueron desarrollado por la WWF y el Banco Mundial, para la evaluación de las eco-regiones del planeta (http://www.worldwildlife.org/science/ecoregions). Si bien la EERC fue desarrollada inicialmente para la planificación de la conservación a nivel global o

continental, los principios y estrategias escenciales son aplicables a escala regional o nacional. Las metas fundamentales subyacentes al EERC son: (1) lograr la representación de todas las comunidades naturales, (2) mantener los procesos ecológicos y evolutivos que generan y mantienen a la biodiversidad, (3) mantener poblaciones viables y (4) conservar bloques de hábitats naturales suficientemente grandes como para hacer frente al régimen de perturbaciones naturales y cambios de gran escala (Dinerstein et al. 1995, 2000).

La idea central del EERC es que la unidad ideal para la planificación de la conservación en paisajes productivos es la eco-región (ER), definida ésta como una **unidad relativamente grande de tierra o agua que contiene un ensamblaje de comunidades naturales distintivo, caracterizado por compartir la gran mayoría de las especies, en un marco de condiciones ambientales y dinámica común** (ver Dinerstein et al. 1995, 2000). Los fundamentos de la superioridad de la ER como unidad de planificación, en comparación a los sitios, son los siguientes:

1. La escala espacial de la ER se corresponde normalmente con la escala a la cual operan los principales procesos ecológicos y evolutivos que crean y mantiene la diversidad.

2. La ER puede contemplar la viabilidad poblacional de especies que demandan grandes áreas, y que difícilmente podrían ser conservadas a través de aproximaciones de menor escala (e.j., sitios);

3. La ER comprende un conjunto lógico de comunidades biogeográficamente relacionadas, lo que permite avanzar en el logro del objetivo de representatividad en la medida que se conseven las áreas claves de cada ER de un país.

4. La ER brinda un marco que permite comprender mejor el papel que los proyectos específicos (locales) pueden jugar en la conservación de la biodiversidad en el largo plazo.

Si bien Uruguay cuenta con algunas propuestas de regionalización ambiental, basadas principalmente en tipos de suelo y geomorfología (Panario 1988, Sganga 1994, Achkar et al. 2004), aún no existe una propuesta consensuada en este sentido. Por su parte, los antecedentes de regionalización a nivel nacional en base a aspectos biológicos son muy escasos. Dentro de éstos, cabe destacar la propuesta de Arballo & Cravino (1999) en función de la distribución de hábitats para las aves, la clasificación de paisajes de Evia & Gudynas (2000) y la determinación de bio-zonas definidas en función de la distribución de vertebrados terrestres de Brazeiro et al. (2008). Finalmente, cabe

destacar que no existen antecedentes de propuestas que integren la dimensión ambiental (suelos, geomorfología) y biológica en regionalización del país.

2. OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar una propuesta de delimitación de eco-regiones de Uruguay, en base a la integración de variables ambientales (suelo, geomorfología) y biológicas (fauna y flora).

3. APROXIMACION METODOLOGICA

La aproximación utilizada para elaboración de una propuesta de eco-regionalización se sustenta básicamente en la integración de un esquema de regionalización ambiental, definido en función de variables edáficas y geomorfológicas desde la perspectiva de la clasificación de paisajes (Panario et al. 2011), con otros dos esquemas de regionalización biológica definidos en base a la distribución de la fauna y flora. La integración de estos tres esquemas de regionalización se desarrolló priorizando la propuesta ambiental, 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). Pero este esquema ambiental, fue ajustado en función de las zonas definidas biológicamente, procurando que las eco-regiones resultantes, además de mantener una sólida coherencia ambiental, se correlacionen con las zonas biológicas de la mayor cantidad de grupos taxonómicos posible.

4. REGIONALIZACIÓN AMBIENTAL

En este trabajo se utilizó la propuesta de Ecozonas de Panario et al. (2011), como esquema de regionalización ambiental. Este trabajo aplica la lógica metodológica de la geografía ecosistémica de Bailey (2009), usada para la determianción de eco-regiones del mundo. Según esta lógica, la determianción de ecosistemas es escala dependiente. Más allá de que cualquier escala espacial puede ser válida, en esta aproximación se definene cuatro (4) escalas anidadadas relevantes, para la clasificación de ecosistemas del mundo. De mayor a menor extensión, estas son:

(1) **Provincia o Eco-región**, que se corresponde con las grandes zonas (Provincias) climáticas definidias por los índices de Köppen-Geiger (Peel et al. 2007). A nivel global se han definido 867 ecoregiones, dentro de las cuales se han destacado 200 como prioritarias para la conservación (Olson et al. 2001). Dentro de este esquema, todo

Uruguay se encuentra contenido dentro de la eco-región denominada Sabanas Uruguayas, que incluye también parte de la Provincia de Buenos Aires y del Sur de Río Grande del Sur (Olson et al 2001).

(2) **Ecozona**, que se corresponden a las grandes Unidades Morfogeoestructurales, definidas por asociaciones de materiales parentales geológicos. En el trabajo de Panario et al. (2011), se realiza una generalización para su representación a escalas menores o iguales a $1:5x10^6$. Para la definión de ecozons, de acuerdo a Ecomap (1993), se consideró los aspectos geoestructurales tales como horst y graven, cuencas sedimentarias, derrames basálticos y zonas de pediplanación de rocas del escudo.

(3) **Distrito**, unidad definida en base a la energía del relieve. En Panario et al. (2011), se consideran depresiones, planos, lomadas, colinas, cerros y escarpas, con una representación geográfica a escalas de $1:5x10^6$.

(4) **Sitio o complejo de sitios**, que se corresponden a las unidades elementales del paisaje, con representación geográfica a escalas 1:50.000-1:20.000. En la propuesta de Panario et al. (2011), los sitios se definieron a partir de información detallada de variables edáficas relevantes para la determinación de la vegetación (e.g., rocosidad, profundidad, textura, hidromorfismo, etc.), obtenida a partir de CONEAT (1979).

A los efectos de la eco-regionalización de Uruguay, en este trabajo se consideró la propuesta de Ecozonas de Panario et al. (2011) como esquema de regionalización ambiental. Según esta propuesta, se distinguen nueve (9) ecozonas dentro del país (Tabla 1). La Cuesta Basáltica es la de mayor superficie (24,6%), seguidas por cinco ecozonas de dimensiones intermedias (9,2-16,9 %): Escudo Cristalino, Cuencas sedimentarias Gondwanica y del Oeste, Graven de la Laguna Merin y Sierras del Este. Las restantes tres zonas, Isla Cristalina de Rivera, Graven de Santa Lucía y Cuenca Sedimentaria del Sur-Oeste, son de menor dimensión geográfica (1-5,3%).

Los trazos generales de esta propuesta de regionalización ambiental guarda relación con el esquema previo de Panario (1988). Sin embargo, cabe destacar que la propuesta de 2011 tiene una resolución espacial mucho mayor y que contiene en forma perfectamente anidada a las unidades menores del sistema de clasificación de paisajes (i.e., sitios y distritos).

Tabla 1. Ecozonas de Panario et al. (2011), definidas en base a las unidades morfoestructurales. (a) El área reportada incluye las zonas urbanas.

Ecozonas (unidades morfoestructurales)	Área (ha)	Área (%)
Cuesta basáltica	4.299.678	24,6
Escudo Cristalino	2.454.883	14,1
Cuenca sedimentaria gondwánica	2.953.188	16,9
Isla cristalina de Rivera	174.401	1,0
Graven de Santa Lucía	919.923	5,3
Graven de la Laguna Merín	1.605.183	9,2
Cuenca sedimentaria del Oeste	2.282.325	13,1
Sierras del Este	2.577.622	14,8
Cueca sedimentaria del Sur-Oeste	183.288	1,1
TOTAL	17.450.491 (a)	100

4.1. Regionalización ambiental y clasificación de los pastizales de Uruguay

Un aspecto relevante del esquema de regionalización ambiental de Panario (1988) y Panario et al. (2011), es 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 (NVI, estimador de producción primaria) a partir de 20 años de imágenes de los satélites NOAA/AVHRR (1981-2000). A partir de tres descriptores de 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 grandes unidades morfogeoestructuales del esquema de eco-zonas de Panario (1988) y Panario et al. (2011). Por lo tanto, el esquema de regionalización ambiental de Panario et al. (2011) puede ser considerado además, como un estimador o Proxy de regionalización funcional.

Asimismo, el presente esquema de regionalización ambiental (geomorfológico), ha sido recientemente usado como base para la clasificación y mapeo de los pastizales de Uruguay. Esta aproximación se sustenta en el reconocimiento de que que en líneas generales, diferentes unidades de vegetación y comunidades de pastizales se desarrollan en las distintas regiones (Baeza et al. 2011a y b, Lezama et al. 2011).

Figura 1. Cartografía de Ecozonas de Panario et al. (2011).

5. REGIONALIZACIÓN BIOTICA DE URUGUAY

La regionalización biótica implica la determinación de regiones con comunidades biológicas distintivas, denominadas en este trabjo como bio-zonas. A los efectos de este trabajo, se consideraron seis grupos indicadores de biodiversidad, uno de la comunidad de plantas (leñosas) y cinco de la comunidad animal (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos). La información de estos grupos fue obtenida de la Base de datos espaciales de Biodiversidad de Uruguay (Brazeiro et al. 2011) (Tabla 2). En esta Base, se brinda información de 1052 especies, sustentada en 67.275 registros biológicos, analizados por expertos de cada uno de los grupos (Tabla 2).

Tabla 2. Atributos de la Base de datos espaciales de Biodiversidad de Uruguay. Tomado de Brazeiro et al. (2011).

GRUPO	Especialiastas	Nº DE ESPECIES TOTAL	Nº DE ESPECIES INCLUÍDAS (mapeo)	Nº 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	453	347	8.606
MAMÍFEROS	Enrique González	74	73	11459
Total		**1161**	**1052**	**67.275**

La base sintetiza información de diferentes fuentes, tales como colecciones científicas y herbarios, artículos publicados, tesis, relevamientos de campo inéditos de investgadores reconocidos. Los datos de registros fueron georeferemciados tomando como referencia la grilla de 302 cuadrículas del SGM (escala 1:50.000) (Fig. 2).

A partir del mapeo de los datos compilados, se estimó para cada especie la distribución potencial en el país en función de la adecuación de habitats y capacidad de dispersión, evaluada a través de la opinión de expertos (Tabla 2). La distribución potencial pudo ser estimada para 1052 (91%) de las 1161 especies contenidas en la base de datos, ya que en algunas casos no fue posible realizar la estimación debido a que la información fue muy escasa, dudosa, o la ecología de la especie era poco conocida.

La regionalización biótica fue desarrollada en dos etapas, (1) regionalización por grupo y (2) regionalización biótica integrada.

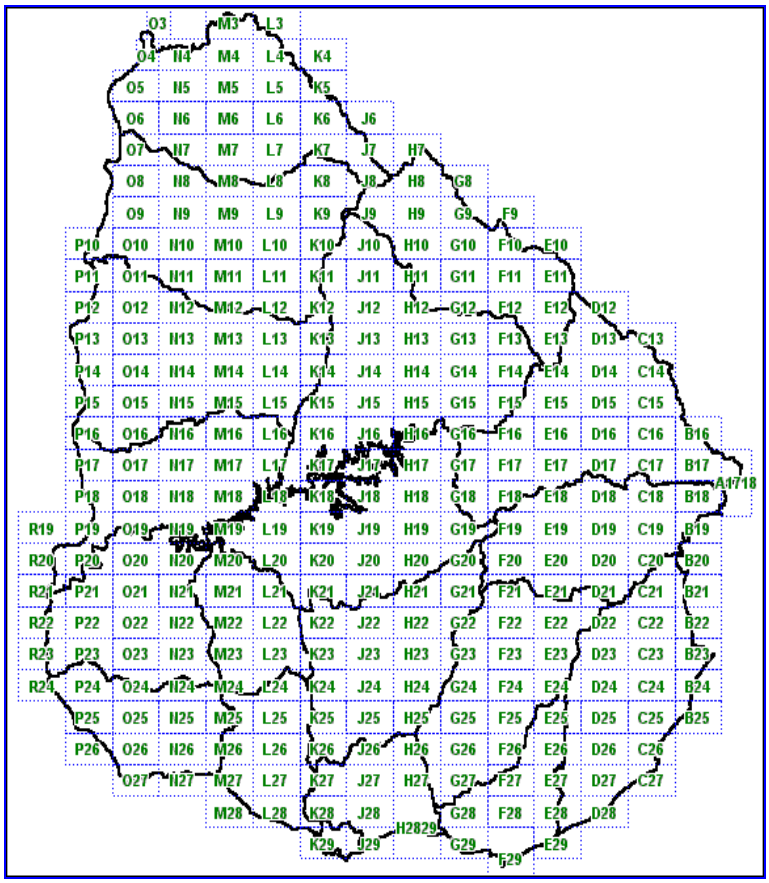

Figura 2. Plan cartográfico nacional del Servicio Geográfico militar escala 1:50.000. Esta grilla de 302 cuadrículas de aproximadamente 660 km^2 (22x30 km), fue usada como base para la gereferenciar la distribución de las especies.

5.1. Regionalización biótica por grupo: Biozonas individuales

De la Base de datos espaciales de Biodiversidad (Brazeiro et al. 2011) se extrajeron las matrices de especies X cuadrícula (302), que resumen la información de presencia/ausencia de especies por cuadrícula. Se consideraron presencias (codificado con 1) tanto los casos en que se constataron presencias registradas como quellos en que la presencia fue inferida por especialistas. Para maximizar las diferencias entre cuadrículas, se eliminaron las especies presentes en el 100 % de las cuadrículas, ya que estas no aportan información.

A partir de estas bases de datos, se generaron matrices de similitud en base a la aplicación del Índice de Jaccard, para posteriormente realizar análisis de clasificación jerárquico (dendograma), usando el algoritmo de unión UPGMA (Sokal & Michener, 1958). Este algoritmo, frecuentemenet usado en este tipo de estudios ecológicos, introduce poca distorsión en la distancia entre agrupamientos con respecto a la matriz original (Ludwig & Reynolds, 1988) y evita el efecto de encadenamiento generado por otros métodos de unión (Digby & Kempton, 1987).

Los resultados del análisis de agrupamiento (cluster), en lugar de ser expresados en términos de nivel de similitud, se expresaron en términos de la función objetivo (escala de Wishart, 1969) e información remanente. La función objetivo e información remanente son medidas de la información perdida a medida que avanza la aglomeración de cudrículas. La información remanente es máxima (100%) al comenzar la aglomeración, pero a medida que se van fusionando cuadrículas conformando grupos, la información se va perdiendo gradualmente, hasta llegar a cero cuando se genera un solo grupo fusionado.

Seguidamente se realizó un análisis no paramétrico de similitud (ANOSIM) para evaluar diferencias significativas entre los grupos y subgrupos identificados, y un análisis de especies indicadoras para detectar la o las especies indicadoras de los diferentes grupos obtenidos (Valor de indicación, IV) (Dufrêne & Legendre´s, 1997). La significancia estadística del Índice se evaluó utilizando la técnica de randomización Monte Carlo. Dicho índice combina información de la incidencia y fidelidad de ocurrencia de las especies a un determinado grupo. Aquellas especies que presentaron valores de IV significativos ($p < 0.001$) y mayores al 50 %, fueron consideradas como indicadoras de las diferentes zonas. A su vez, a partir de los datos de incidencia se determinaron las especies representativas (> 50 % de incidencia) y exclusivas (100 % de incidencia) de cada región. Para los diferentes análisis se utilizó el software PC-ORD v.4 (McCune & Mefford, 1995) y Past (Hammer *et al.*, 2001). Las cuadrículas que se asociaron por similitud en el análisis de agrupamiento, fueron ingresadas en un Sistema de Información Geográfica a los efectos de facilitar su visualización.

Biozonas de Peces

El análisis de cluster (ver Anexo 1) identificó 4 grandes zonas (Fig. 3a), que se podrían sudividir en un total de 11 subzonas (Fig. 3b). El análisis ANOSM mostró que las zonas y subzonas identificadas son estadísticamente significativas ($p<0.05$). En función de la afinidad regional, se consideraron a las zonas identificadas como las biozonas de peces. Estas se correspondieron, como era de esperar, a las grandes macrocuencas del país: Costa Atlántica (1), Río Negro (2), Río de la Plata (3) y Río Uruguay (4).

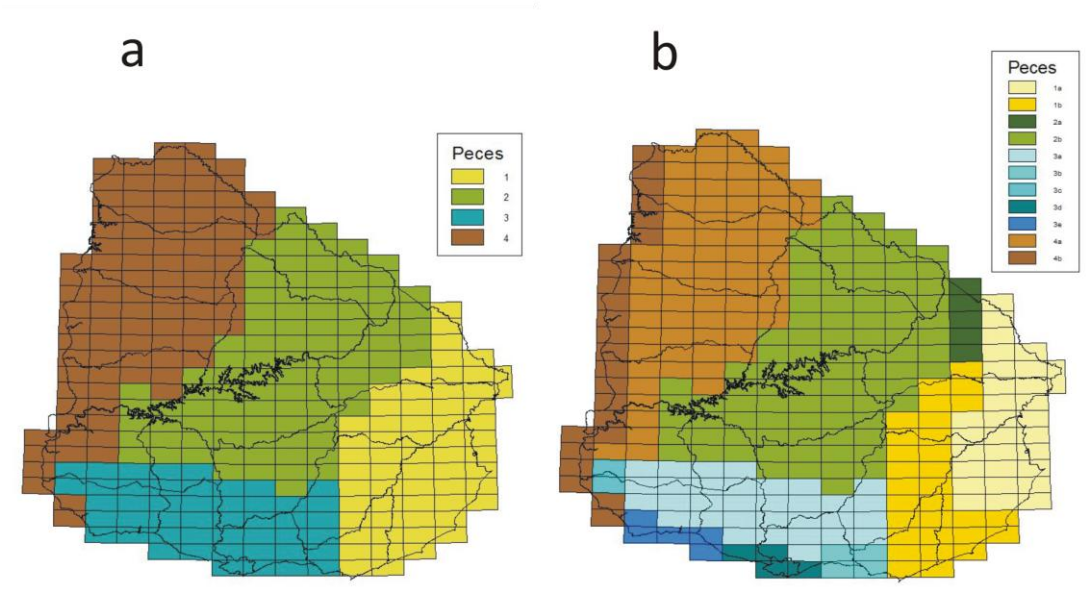

Figura 3. Biozonas (a) y subzonas (b) de peces de Uruguay.

La cuenca del Río Uruguay (4) y secundariamente la cunca Atlántica (1), son las que presentaron mayor número de especies exlusivas, indicadoras y representativas (Tabla 3). La lista de peces indicadores se presenta en el Anexo (2).

Tabla 3. Especies de peces exclusivas, indicadoras y representativas de cada biozona.

Biozona	**Especies**		
	Exclusivas (#) (100% incidencia)	**Indicadoras (#)** (>50% IV)	**Representativas (#)** (>50% incidencia)
1. Cuenca Atlántica	13	16	32
2. C. del Río Negro	1	9	15
3. C. del Río de la Plata	1	1	12
4. C. del Río Uruguay	49	35	83

Biozonas de Anfibios

El análisis de cluster (ver Anexo 1) identificó 4 grandes biozonas (Fig. 4a), que se podrían sudividir en un total de 8 subzonas (Fig. 4b). El análisis ANOSM mostró que las zonas y subzonas identificadas son estadísticamente significativas ($p<0.05$). Las cuatro biozonas se corresponden a: Sur (1), Noreste (2), Centro Norte (3) y Litoral Oeste (4). La gran zona Sur (1) se subdividió en cuatro subzonas: Laguna Merin (1a), zonas bajas aledañas a la Laguna Merin (1b), Costa Atlántica (1c) y Centro Sur (1d).

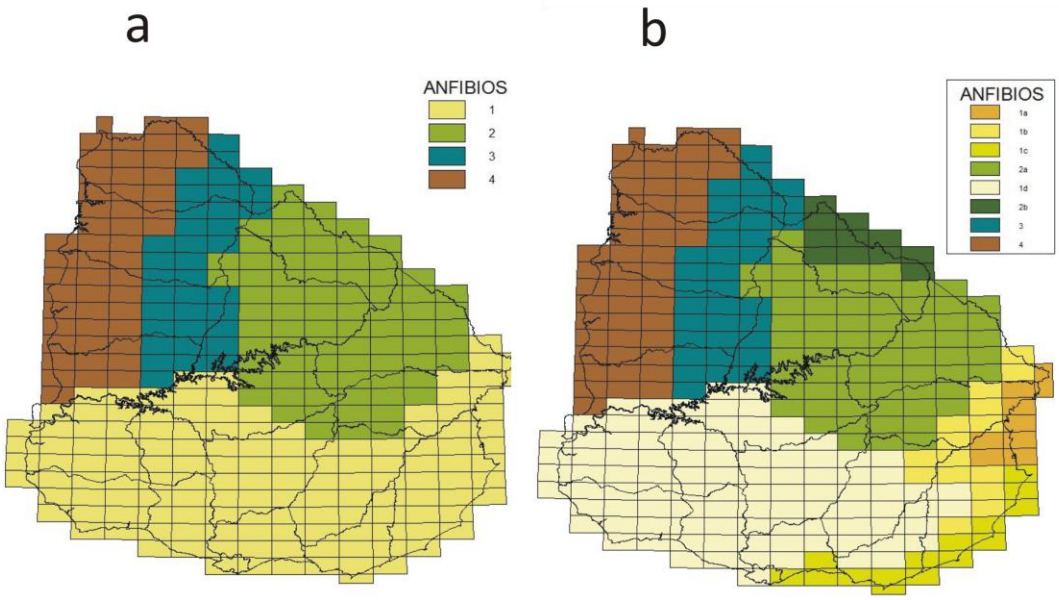

Figura 4. Biozonas (a) y subzonas (b) de anfibios de Uruguay.

Las biozonas Sur (1), Centro Norte (2) y Litoral Oeste (4) son las que presentaron la mayor cantidad de especies exclusivas, indicadoras y características (Tabla 4). Cabe señalar que la Zona Centro Norte, asociada a la región Basáltica, no cuenta con especies distintivas, por lo que queda definida básicamente por la baja diversidad de anfibios.

Tabla 4. Especies de anfibios exclusivas, indicadoras y representativas de cada biozona.

Biozonas	**Especies**		
	Exclusivas (#) (100% incidencia)	**Indicadoras (#)** (>50% IV)	**Representativas (#)** (>50% incidencia)
1. Sur	1	3	5
2. Noreste	2	0	7
3. Centro Norte	0	0	0
4. Litoral Oeste	3	3	6

Biozonas de Réptiles

El análisis de cluster (ver Anexo 1) identificó 5 grandes biozonas (Fig. 5a), que se podrían sudividir en un total de 10 subzonas (Fig.5b). El análisis ANOSM mostró que las zonas y subzonas identificadas son estadísticamente significativas ($p<0.05$). Las cinco biozonas se corresponden a: Costa Atlántica y Laguna Merin (1), Sierras del Este (2), Centro Norte (3), Sur-Litoral Oeste (4) y Litoral Noroeste (Fig. 5a).

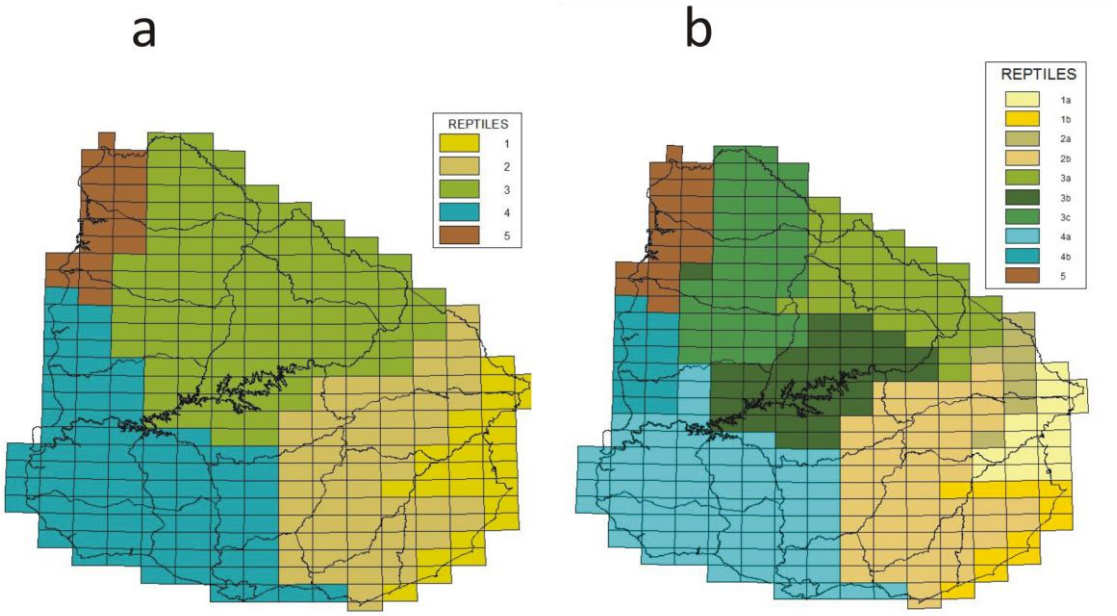

Figura 5. Biozonas (a) y subzonas (b) de reptiles de Uruguay.

Las biozonas Sierras del Este (2) y Litoral Noroeste (5) son las que presentaron la mayor cantidad de especies indicadoras y representativas (Tabla 5).

Tabla 5. Especies de reptiles exclusivas, indicadoras y representativas de cada biozona.

Subzonas	**Especies**		
	Exclusivas (#) (100% incidencia)	**Indicadoras (#)** (>50% IV)	**Representativas (#)** (>50% incidencia)
1. Costa Atlántica y L. Merin	1	1	5
2. Sierra del Este	1	4	5
3. Centro Norte	2	1	4
4. Sur-Litoral Oeste	2	0	2
5. Litoral Noroeste	2	4	10

Biozonas Aves

El análisis de cluster (ver Anexo 1) identificó 5 grandes biozonas (Fig. 6a), que se podrían sudividir en un total de 12 subzonas (Fig.6b). El análisis ANOSM mostró que las zonas y subzonas identificadas son estadísticamente significativas ($p<0.05$). Las cinco biozonas se corresponden a: Costa Platense-Atlántica y Laguna Merin (1), Sierras del Este y Centro (2), Centro Sur (3), Norte (4) y Litoral Oeste (Fig. 6a).

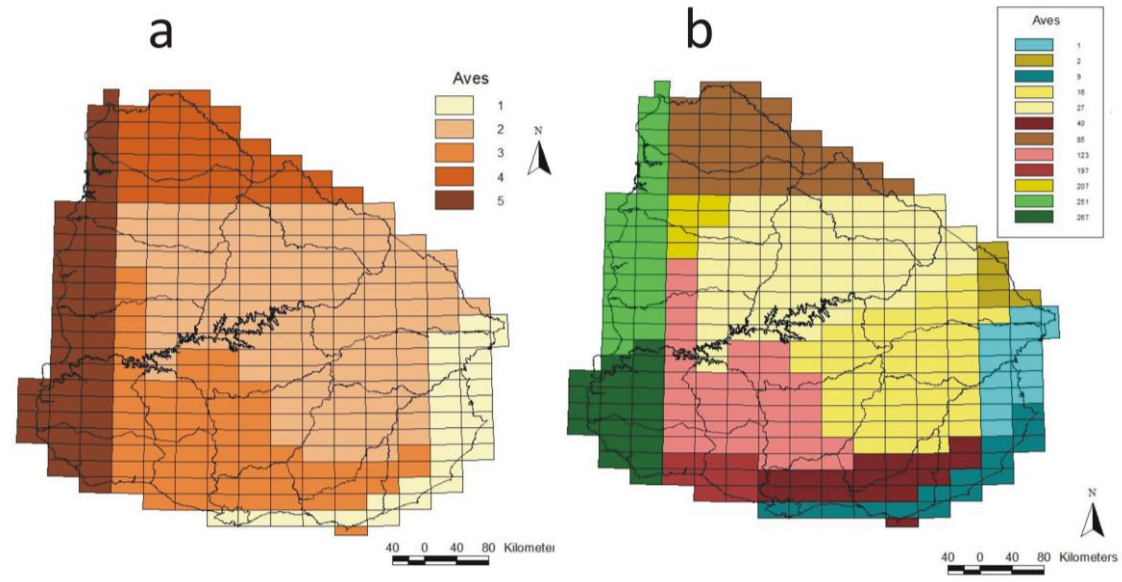

Figura 6. Biozonas (a) y subzonas (b) de aves de Uruguay.

Las biozonas Costa Platense-Atlántica y Laguna Merin (1) y Litoral Oeste (5) son las que presentaron la mayor cantidad de especies indicadoras y representativas, seguida por la biozon Sierras de Este y Centro (Tabla 6). La zona Centro Sur no presentó ninguna especie distintiva, por lo que queda definida básicamente por la baja diversidad de aves.

Tabla 6. Especies de aves exclusivas, indicadoras y representativas de cada biozona.

Subzonas	**Especies**		
	Exclusivas (#) (100% incidencia)	**Indicadoras (#)** (>50% IV)	**Representativas (#)** (>50% incidencia)
1. Costa Platense-Atlántica y Laguna Merin	3	23	37
2. Sierras del Este y Centro	10	3	7
3. Centro Sur	-	-	-
4. Norte	1	4	
5. Litoral Oeste	8	13	16

Biozonas Mamíferos

El análisis de cluster (ver Anexo 1) identificó 5 grandes biozonas (Fig. 7a), que se podrían sudividir en un total de 8 subzonas (Fig. 7b). El análisis ANOSM mostró que las zonas y subzonas identificadas son estadísticamente significativas ($p<0.05$). Las cinco biozonas se corresponden a: Costa Platense (1), Litoral Noroeste (2), Centro Oeste (3), Sur Este (4) y Este (5) (Fig. 7a).

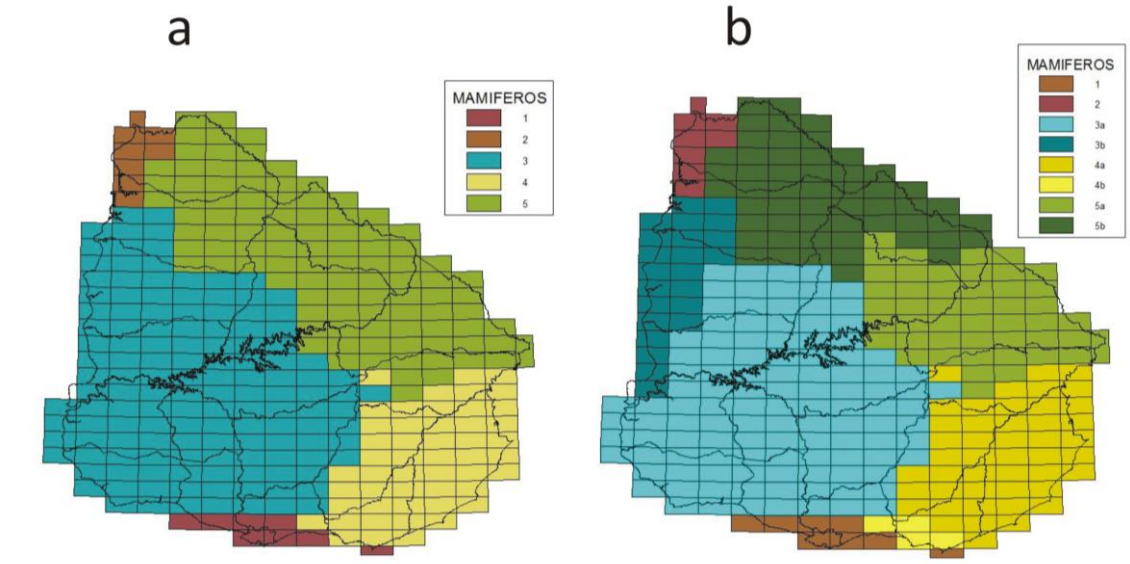

Figura 7. Biozonas (a) y subzonas (b) de mamíferos de Uruguay.

Las biozonas Litoral Noroeste (2) y Este (5), y secundariamente la Sureste (4), son las que presentaron la mayor cantidad de especies indicadoras y representativas (Tabla 7).

Tabla 7. Especies de mamíferos exclusivas, indicadoras y representativas de cada biozona.

Subzonas	**Especies**		
	Exclusivas (#) (100% incidencia)	**Indicadoras (#)** (>50% IV)	**Representativas (#)** (>50% incidencia)
1. Costa Platense	0	3	4
2. Litoral Noroeste	4	5	9
3. Centro Oeste	1	0	2
4. Sureste	2	2	7
5. Este	7	1	10

Biozonas Leñosas

El análisis de cluster (ver Anexo 1) identificó 3 grandes biozonas (Fig. 8a), que se podrían sudividir en un total de 6 subzonas (Fig. 8b). El análisis ANOSM mostró que las zonas y subzonas identificadas son estadísticamente significativas ($p<0.05$). Las tres biozonas se corresponden a: Este (1), Centro (2) y Litoral Oeste (3) (Fig. 8a).

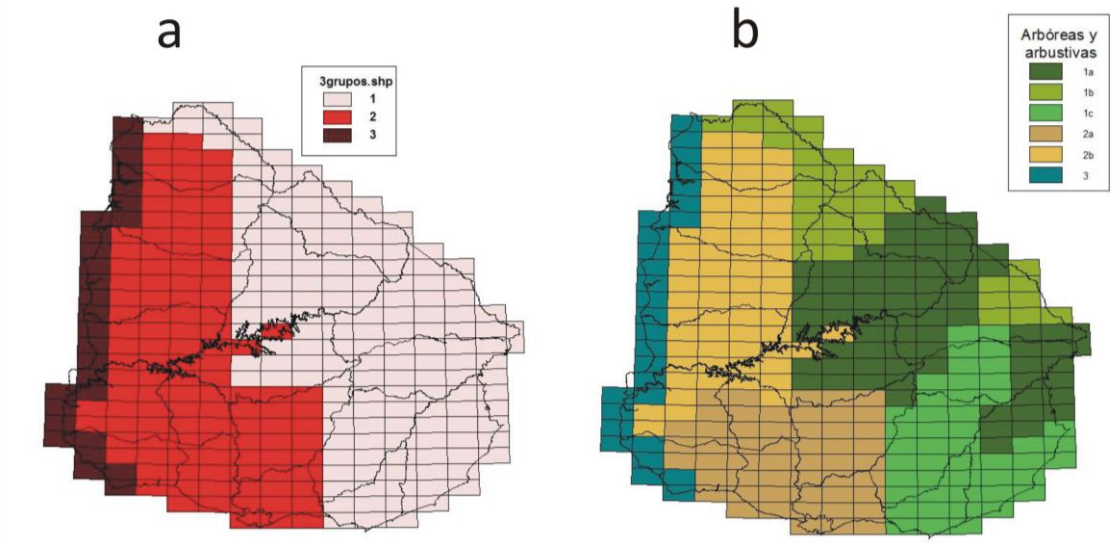

Figura 8. Biozonas (a) y subzonas (b) de leñosas de Uruguay.

Las biozonas Este (1) y Litoral Oeste (3) son las que presentaron la mayor cantidad de especies exclusivas, indicadoras y representativas (Tabla 8).

Tabla 8. Especies de leñosas exclusivas, indicadoras y representativas de cada biozona.

Subzonas	**Especies**		
	Exclusivas (#) (100% incidencia)	**Indicadoras (#)** (>50% IV)	**Representativas (#)** (>50% incidencia)
1. Este	78	7	119
2. Centro	3	-	7
3. Litoral Oeste	34	46	98

5.2. Regionalización biótica integrada: biozonas generales

Para generar una regionalización que integrara de forma equitativa los 6 grupos analizados, que en total reúnen a 1052 especies, se generó una matriz de similitud media, promediando para cada par de cuadrículas los valores de similitud obtenidos para cada uno de los seis grupos. Las cuadrículas fueron luego agrupadas según su similitud utilizando como algoritmo de aglomeración el método de Ward (Legendre y Legendre, 1998). Se definieron las agrupaciones según el nivel de corte del árbol, escogiendo arbitrariamente aquellas que generaran 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 15 regiones. De estas regionalizaciones se seleccionaron las clasificaciones en 8, 10 y 12 regiones para posteriores análisis (Fig. 10). La significancia estadística de cada regionalización fue también evaluada mediante un ANOSIM (999 remuestreos). Todas las regionalizaciones fueron significativas ($p< 0.01$).

En la clasificación de 8 grupos, surge con claridad las siguientes regiones (Fig. 9): (1) Costa Atlántica y Cuenca de la Laguna Merin, (2) Este, (3) Sierras del Este, (4) Centro, (5) Noreste, (6) Suroeste, (7) Centro Norte y (8) Litoral Oeste.

En la clasificación de 10 grupos, se advierte la subdivisión del Litoral Oeste en dos subzonas (9 y 10), y del Este también en dos (2 y 4) (ANEXO 3). La subdivisión se profundiza en la clasificación de 12 grupos, fraccionándose la Costa Atlántica y Cuenca de la Laguna Merin en dos zonas (1 y 2), al igual que la zona Noreste (3 y 5) (ANEXO 3).

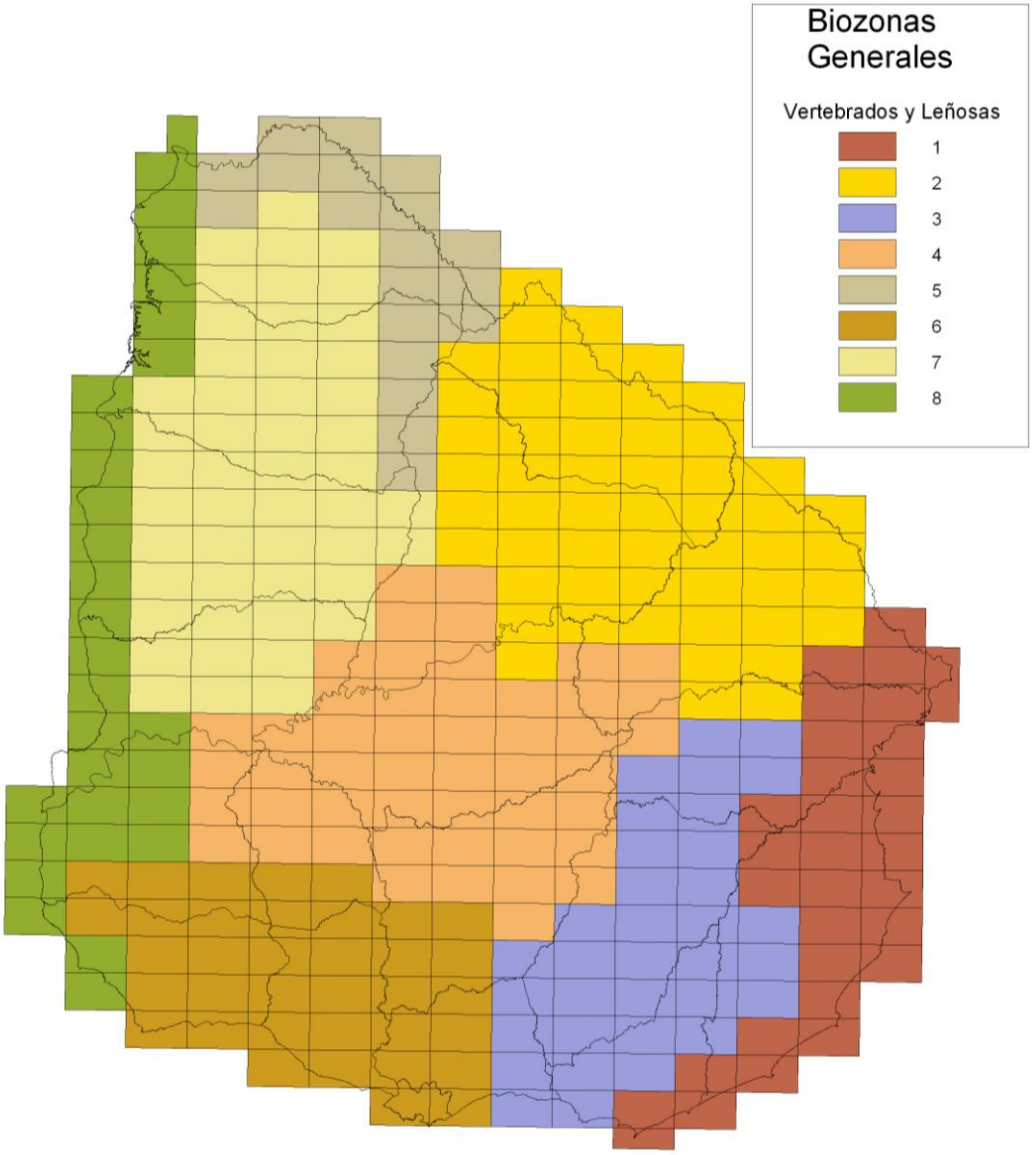

Figura 9. Biozonas generales para la fauna (vertebrados) y flora (leñosa) de Uruguay obtenidas por el método de promediación de similitudes.

ECO-REGIONALIZACIÓN: INTEGRACIÓN DE PROPUESTAS AMBIENTAL Y BIOLÓGICA

6.1. Aproximación metodológica

Como punto de partida deben reconocerse tres debilidades intrínsecas de toda propuesta de regionalización (Bailey 2009). Primero, ningun esquema de regionalización es óptimo para todos los descriptores ecológicos considerados, especialmente grupos taxonómicos. Los límites de las eco-regiones deben reflejar por tanto, el mejor compromiso posible para la mayor cantidad de descriptores posibles. Segundo, los límites de las eco-regiones rara vez son bordes nítidos y abruptos, sino que constituyen franjas ecotonales con mosaicos de hábitat. Tercero, la mayoría de las eco-regiones mantiene una considerable heterogeneidad interna, presentando hábitats que difieren del bioma dominante.

Como se ha adelantado en la Sección 3, la propuesta de eco-regionalización se realizó básicamente a través de la integración del esquema de regionalización ambiental de Panario et al. (2011) (ver Sección 4), con el esquema de regionalización biológica definidos en base a la distribución de la fauna y flora (ver Sección 5).

La integración de estos dos esquemas de regionalización se desarrolló priorizando la propuesta ambiental, 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). De todas formas, el esquema ambiental fue ajustado en función de las zonas definidas biológicamente, procurando que las eco-regiones resultantes, además de mantener una sólida coherencia ambiental, se correlacionen con las zonas biológicas de la mayor cantidad de grupos taxonómicos posible.

En líneas generales, se observaron fuertes consensos entre los descriptores ambientales y biológicos en la delimitación de las eco-regiones. En particular, cabe destacar el fuerte sustento en algunas regiones, tales como en el Litoral Oeste, Sierras del Este, Costa Atlántica y Laguna Merin, Este (Cuenca sedimentaria Gondwánica), Norte (Basalto) y Centro (Cristalino).

Seguramente por sus pequeñas dimensiones, dos regiones ambientales, la Isla Cristalina de Rivera y la Cuenca Sedimentaria del Suroeste, no tuvieron claros efectos en la distribución de la biota a la escala analizada (comparar Figs. 1 con 9). Por tal motivo, se decidió no considerarlas eco-regiones, sino que contemplarlas como sub-regiones dentro de las eco-regiones mayores que las contienen. Es decir, la Isla Cristalina de Rivera quedó incluída dentro de la Cuenca sedimentaria Gondwánica, y la Cuenca Sedimentaria del Suroeste dentro del Escudo Cristalino.

Asimismoi, a los efectos de mejorar el consenso entre los límites ambientales y biológicos, se realizaron ajustes menores (<20km) en los límites de la eco-región Litoral Oeste, principalmente en la la zona sur (límite con Cristalino). También se realizarón ajustes menores en el límite entre Sierras del Este y el Graven de Santa Lucía, básicamente la penetración de la primer región en la segunda, para dar cuenta de la distribución de reptiles (Fig. 5) y mamíferos (Fig. 7) (ver además Fig. 9).

6.2. Eco-regiones de Uruguay: delimitación y caracterización general

Finalmente se proponé un esquema de regionalización que delimita 7 grandes eco-regiones, que dan cuenta de la variabilidad geomorfológica y biótica de Uruguay (Fig. 10). Estas eco-regiones, denominadas en función de las grandes unidades morfoestructurales, son: (1) Cuenca sedimentaria del Oeste, (2) Cuenca Sedimentaria Gondwánica, (3) Cuesta Basáltica, (4) Escudo Cristalino, (5) Graven de la Laguna Merin, (6) Graven de Santa Lucía y (7) Sierras del Este.

Los principales rasgos geomorfológicos y ambientales de estas eco-regiones se presentan en la Tabla 9.

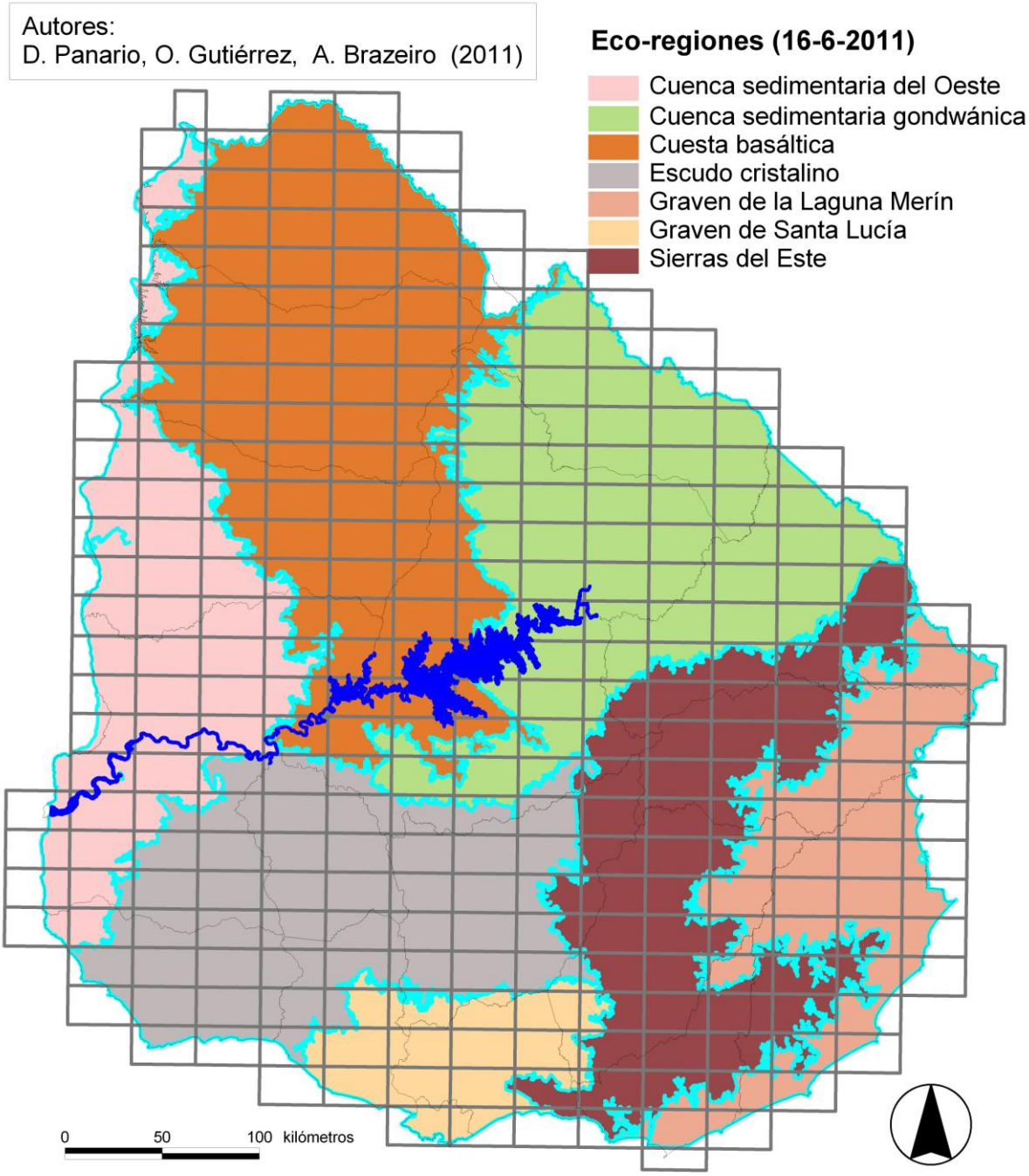

Figura 10. Delimitación de eco-regiones de Uruguay.

Tabla 9. Principales rasgos geomorfológicos y ambientales de las eco-regiones de Uruguay.

Eco-región	Super-ficie (ha)	Rango altitu-dinal (m) (*)	Formaciones geológicas y rocas dominantes	Geoformas dominantes	Suelos dominantes	Profundidad media de suelo	Usos de suelo dominantes	Observaciones
Cuenca Sedimentaria del Oeste	2.186.237	5-160	Fray Bentos Cretáceo Libertad	Lomadas Colinas Lomadas suaves	Brunosoles eútricos Brunosoles subeútricos Brunosoles eútricos	Profundos Profundos Profundos	Agrícola Pastoril forestal Agrícola	Suelos con pedregosidad en el perfil.
Cuenca Sedimentaria Gondwánica	3.253.762	90-380	Areniscas gondwánicas	Lomadas	Acrisoles luvisoles	Profundos	Forestal pastoril	Gran diversidad de suelos, incluye Isla Cristalina de Rivera con suelos similares a Sierras del Este. Expansión agrícola reciente.
Cuesta Basáltica	4.174.599	20-400	Basaltos (Arapey)	Lomadas Planos Colinas	Brunosoles eútricos Vertisoles Litosoles	Profundos Profundos Superficiales	Pastoril Pastoril Pastoril	En suelos profundos la agricultura se viene incrementando rápidamente.
Escudo Cristalino	2.743.061	0-190	Granitos y granitoides Libertad	Colinas y lomadas Lomadas suaves	Brunosoles subeútricos Brunosoles eútricos y vertisoles	Moderadamente profundos	Pastoril Agrícola	Valles ocasionalmente escarpados, rocosos. Ocupa interfluvios amplios.
Graven de la Laguna Merín	1.648.444	0-40	Pleistoceno Holoceno	Planos y depresiones Planos y depresiones	Planosoles, argisoles, gleysoles Histosoles	Profundos	Pastoril-agrícola	Incluye lomadas de uso agrícola.
Graven de Santa Lucía	861.952	0-120	Libertad	Lomadas suaves	Brunosoles eútricos vertisoles	Profundos	Agrícola	Suelos mayoritariamente degradados por agricultura.
Sierras del Este	2.636.346	0 a 500	Lavas ácidas (Ánimas), rocas metamórficas (filitas Lavalleja), granitos y granitoides (Carapé), metamórficas de alto grado, cuarcitas, basaltos, etc.	Colinas y serranías	Brunosoles subeútricos-distrícos y litosoles	Moderadamente superficiales y superficiales rocosos	Pastoril forestal	Se corresponde con las altas cuencas de las más importantes cuencas hidrográficas y por tanto su principal vocación de uso es regulación de cuencas.

(*) Los accidentes incorporados por razones de escala, no fueron tenidos en cuenta, y los rangos están dados por la información de curvas de nivel generada por el SGM y disponible en la IDE (Infraestructura de Datos Espaciales de Uruguay).

6.2.1. Caracterización biológica: riqueza y especies representativas

A continuación se presenta por eco-región, información de riqueza de especies, especies representativas de cada grupo (i.e., vertebrados y leñosas) y comunidades de pastizales.

La información de riqueza potencial de especies por eco-región se obtuvo a partir de la base de datos de biodiversidad generada en Brazeiro et al. (2010). Para deteminar las especies representativas, se usaron 3 descriptores:

Especie Casi Endémica (CEnd): especie cuya distribución (i.e., número de cuadrículas) en la eco-región representa entre un 90 y un 99% de su distribución total en el país.

Especie Endémica (End): especie exclusiva de la eco-región (i.e., distribución 100% en la eco-región).

Especie Indicadora (Ind): especie cuyo valor de indicador es significativamente ($p<0.05$) mayor al esperado por azar, calcuado según el método de Dufrêne & Legender (1997) con el programa PC_ORD 5.0.

Se reporta para cada eco-región, la riqueza total de especies (S_total) y la riqueza de especies casi endémicas (S_CEnd), endémicas (S_End) e Indicadoras (S_Ind). Asimismo, se presenta la lista de especies indicadoras (Anexo 4).

La descripción de las comunidades de pastizales de las principales eco-regiones se realizó en base a los trabajos de Altesor et al (2010) y Baeza et al. (2011a y b).

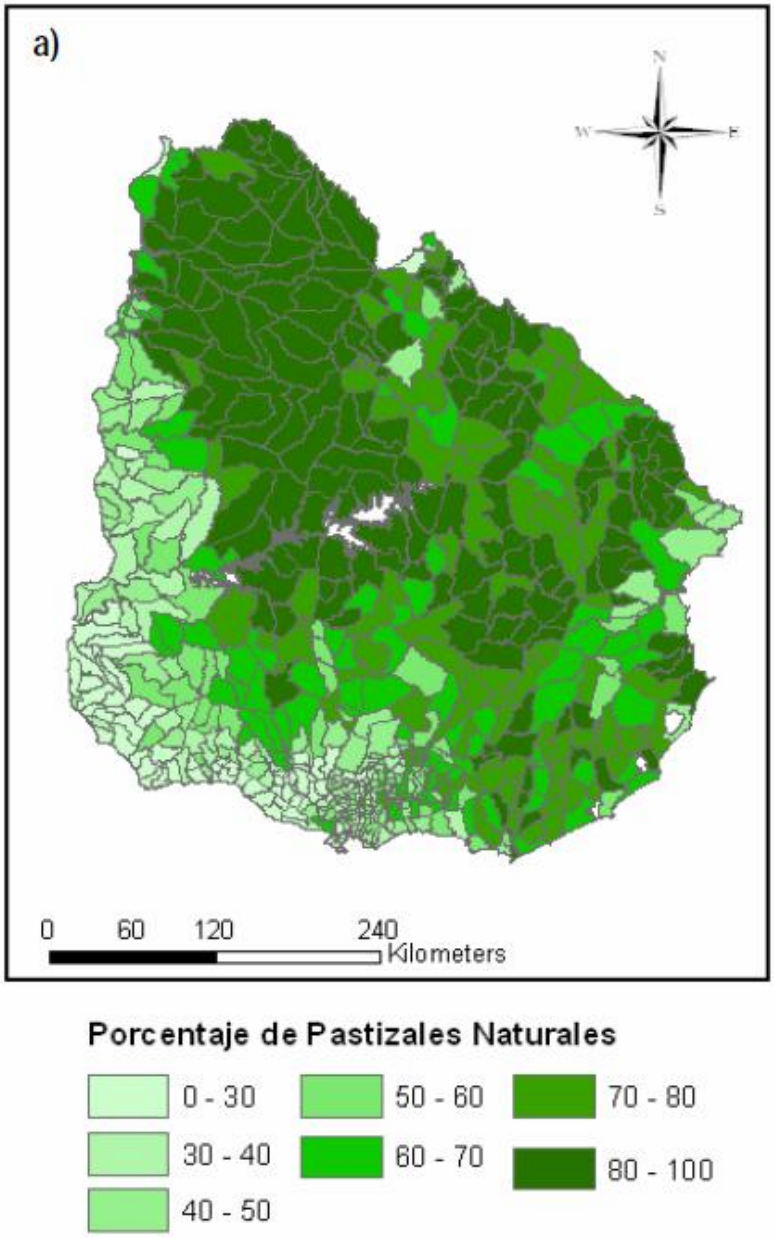

Figura 11. Porcentaje de pastizales naturales por unidad censal. Tomado de Altesor et al (2010). Elaborado a partir de datos del censo general agropecuario del año 2000 (MGAP, DIEA 2000).

(1) Cuenca sedimentaria del Oeste

Diversidad

La Cuenca sedimentaria del Oeste presenta una elevada riqueza de especies (804 especies) (Tabla 10). Se destacándose particularmente la diversidad de peces (170 especies), como consecuencia de la presencia de grandes ríos como el Uruguay y Río Negro, y también la de reptiles.

Si bien la Cuesta Basáltica y Cuenca Sedimentaria Gonwánica presentaron una mayor riqueza total de especies, la Cuenca sedimentaria del Oeste se detacó por presentar la mayor riqueza de especies indicadoras, endémicas y casi endémicas (Ver lista de especies indicadoras en Anexo 4). Este resultado valida fuertemente la presente delimitación de ésta eco-región, confirmando estudios previos con leñosas (Grela 2004) y vertebrados terrestres (Brazeiro et al. 2008). Asimismo, resalta el valor de esta eco-región para la conservación de la biodiversidad del país, en la medida que contempla numerosas especies no representadas en otras zonas.

Tabla 10. Riqueza de especies (S_total) y de especies representativas (S_CEnd: casi endémicas, S_End: endémicas e S_Ind: indicadoras) de la eco-región Cuenca sedimentaria del Oeste.

GRUPO	S_total	S_CEnd	S_End	S_Ind
PECES	170	5	5	67
ANFIBIOS	33	0	0	5
REPTILES	54	2	2	6
AVES	297	0	0	27
MAMIFEROS	53	1	1	4
LEÑOSAS	197	24	18	75
TOTAL	804	32	26	184

Pastizales

El porcentaje de praderas por unidad censal es relativamente (<40%) (Fig. 11), por lo cual aun no se ha priorizado la identificación y mapeo de unidades de pastizales.

(2) Cuenca Sedimentaria Gondwánica

Diversidad

La Cuenca Sedimentaria Gondwánica presentó la segunda mayor riqueza total del país (854 especies), con valores destacados de riqueza en todos los grupos indicadores analizados (Tabla 11, Anexo 4). Esta eco-región presentó elevada riqueza de especies indicadoras, endémicas y casi endémicas, como en el caso de anfibios, reptiles, aves, mamíferos, y especialmente en leñosas. Esta eco-región coincide parcialmente con la bio-zona NE de vertebrados terrestresidentificada por Brazeiro et al. (2008) y con el núcleo norte de la flora oriental de leñosas de Grela (2004).

Tabla 11. Riqueza de especies (S_total) y de especies representativas (S_CEnd: casi endémicas, S_End: endémicas e S_Ind: indicadoras) de la eco-región Cuenca Sedimentaria Gondwánica.

GRUPO	S_total	S_CEnd	S_End	S_Ind
PECES	163	0	0	7
ANFIBIOS	39	4	4	9
REPTILES	54	2	2	8
AVES	319	4	4	20
MAMIFEROS	62	2	2	11
LEÑOSAS	217	8	7	58
TOTAL	854	20	19	113

Pastizales

Esta región presenta un alto porcentaje de pastizales por unidad censal, que ronda el 80% (Fig. 11). La clasificación jerárquica de 70 censos distribuidos a través de toda la región permitió reconocer una estructura de dos unidades principales de pastizal y cinco comunidades.

La unidad **CSG–I** presenta a *Aristida venustula, Aira elegans* y *Helianthemum brasiliense* como las especies más características. Se destacan por su importancia en cobertura en esta unidad *Richardia humistrata, Piptochaetium montevidense* y *Paspalum notatum.* Se ubica generalmente en laderas altas convexas y domos, con presencia en muchos casos de pedregosidad y rocosidad en la superficie. La fisonomía está caracterizada por presentar cobertura del suelo media – baja y la presencia de dos estratos, uno de 30 cm de subarbustos y gramíneas erectas, y otro de 5 cm de gramíneas postradas y hierbas. El tipo funcional dominante es el de las gramíneas estivales seguidas por hierbas y gramíneas invernales en proporciones semejantes.

La unidad **CSG-II** está indicada primordialmente por *Paspalum dilatatum, Panicum hians* y *Axonopus affinis*. Las especies más importantes desde el punto de vista de su cobertura son *Paspalum notatum, Axonopus affinis y Erianthus angustifolius.* Es dominante en las unidades de suelo profundos de la región, donde se encuentra ocupando varias posiciones macrotopográficas. La fisonomía corresponde a la de un pastizal denso con un estrato graminoso bajo y otro subarbustivo de 30cm de altura. ES clara la dominancia de gramíneas estivales con una cobertura promedio cercana al 60%. Le siguen en orden de importancia las hierbas y las gramíneas invernales.

La unidad CSG-I está pobremente distribuída en la región, centrándose preferentemente en la zona sur. Por su parte, la unidad CSG-II tuvo una mayor distribución, abarcando prácticamente toda la eco-región, pero con mayores coberturas en el sur y en el litoral oeste (Fig. 12).

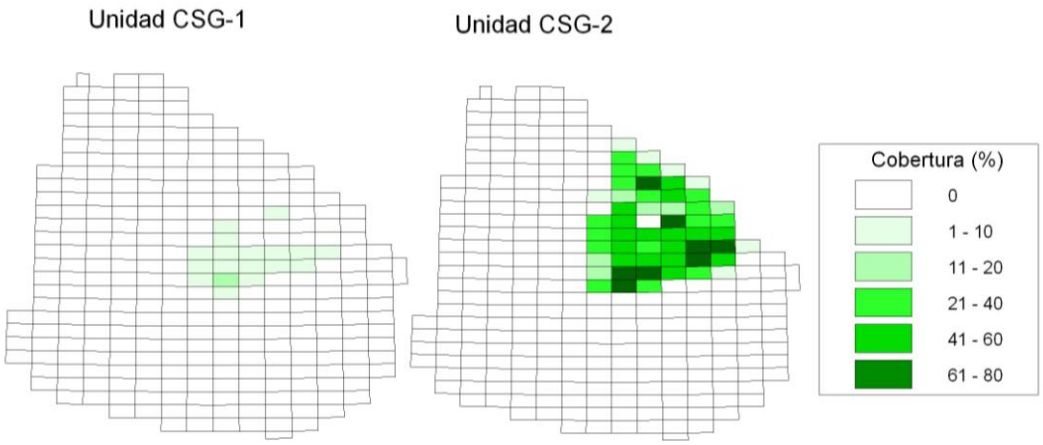

Figura 12. Distribución de las unidades mapebles de pastizales identificadas en la eco-región Cuenca Sedimentaria Gondwánica. Se presenta el porcentaje por celda cubierto por cada tipo de unidad de pastizal. Elaborado a partir de la información generada por Altesor et al. (2010).

(3) Cuesta Basáltica

Diversidad

La Cuesta Basáltica presentó la mayor riqueza total del país (911 especies), patrón que se verificó en cada uno de los grupos indicadores analizados (Tabla 12). Esta eco-región también presentó una considerable riqueza de especies endémicas y casi endémicas en el caso de peces, aves y mamíferos, sustentando su validez como eco-región. La lista de especies indicadoras se presenta en el Anexo 4.

Esta eco-región coincidió parcialmente con la bio-zona centro-norte de vertebrados terrestres identificada por Brazeiro et al. (2008).

Tabla 12. Riqueza de especies (S_total) y de especies representativas (S_CEnd: casi endémicas, S_End: endémicas e S_Ind: indicadoras) de la eco-región Cuesta Basáltica.

GRUPO	S_total	S_CEnd	S_End	S_Ind
PECES	183	6	5	17
ANFIBIOS	42	0	0	3
REPTILES	57	2	2	3
AVES	329	7	7	2
MAMIFEROS	62	4	4	7
LEÑOSAS	238	4	4	18
TOTAL	911	23	22	50

Pastizales

Esta es la región con la mayor proporción de praderas naturales del país, que cubren en general más de un 80% de las unidades censales (Fig. 11). En base a un análisis de 80 censos florísticos, se pudieron reconocer tres unidades principales de pastizales, que se distribuyen a lo largo de un gradiente determinado por la profundidad del suelo, la textura, la pendiente y la forma de la pendiente (Altesor et al 2010).

La Unidad **B-I** presenta a *Piptochaetium montevidense*, *Richardia humistrata y Baccharis coridifolia* como las especies con mayor valor indicador). La cobertura vegetal de esta unidad se compone fundamentalmente de *Baccharis coridifolia* y *Piptochaetium montevidense*. Se ubica preferentemente sobre laderas de colinas y lomadas fuertes así como laderas escarpadas de sierras y áreas altas convexas de colinas y sierras. Está asociada a suelos superficiales caracterizados por presentar una profundidad en el entorno de los 30 cm, y exhibir con frecuencia pedregosidad y rocosidad en superficie.

Las gramíneas estivales son el componente funcional principal de estos pastizales, seguido por gramíneas invernales y hierbas La fisonomía predominante es de un

mosaico de parches de dos alturas, un estrato bajo de 5-10 cm constituido por gramíneas bajas y hierbas y un estrato de 30 cm de gramíneas erectas y arbustos bajos.

La Unidad **B-II** presenta a *Hordeum pusillum, Selaginella sellowii* y *Portulaca papulosa* como las principales especies indicadoras, y la cobertura está dominada por *Selaginella sellowii* y *Microchloa indica*. Está asociada a sitios planos de exportación de materiales en posiciones altas y medias del paisaje, con altos porcentajes de pedregosidad y rocosidad en superficie. La fisonomía consiste en un solo estrato herbáceo distribuido como un mosaico intrincado de parches y afloramientos rocosos. Desde el punto de vista funcional está dominada por *S. sellowii* y gramíneas estivales.

La unidad **B-III** está indicada principalmente por *Paspalum dilatatum*, *Panicum hians* y *Coelorhachis selloana*, y las especies con mayores valores de cobertura en esta unidad son *Panicum hians* y *Axonopus affinis*. Se ubica preferentemente sobre laderas plano cóncavas con pendientes menores, y en valles y en interfluvios tabulares. Está asociada a suelos de profundidad media y alta (mayores a 50cm), correspondientes a las categorías de suelos asociados y accesorios de las unidades CH- PT y QCh. Los tipos funcionales de plantas son, en orden de importancia: gramíneas estivales, gramíneas invernales y graminoides. Fisonómicamente la unidad B-III consiste en un pastizal con dos estratos: un césped de graminoides y gramíneas postradas y un estrato de 30 cm de gramíneas erectas.

A los efectos del mapeamiento, las unidades unidades B-I y B-II fueron fusionadas en la Unidad P. Bas1, y está conformada por pastizales abiertos (con baja cobertura vegetal) sobre suelos superficiales y estepas de litófitas sobre afloramientos rocosos. La unidad de mapeo P. Bas2, corresponde a la unidad B-III descrita arriba, y está conformada por pastizales densos (con alta cobertura vegetal) sobre suelos medios y profundos (Fig. 13). La unidad de mapeo P.Bas1 se distribuyó a lo largo de toda la eco-región, con mayores porcentajes de ocurrencia en la faja central y borde sueste (Fig. 13). Por su parte, la unidad P-Bas2 también ocurrió en casi toda la ecoregión, pero con mayor porcentaje de ocurrencia en el centro-oeste de la eco-región (Fig. 13).

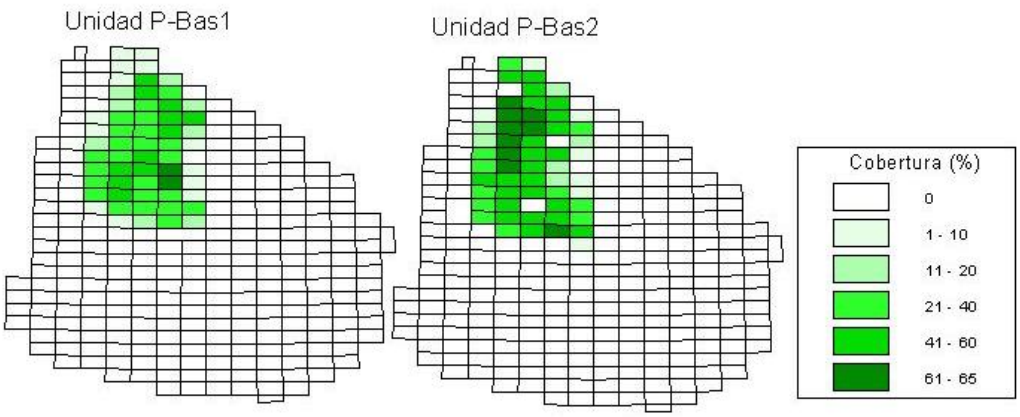

Figura 13. Distribución de las unidades mapebles de pastizales identificadas en la eco-región Cuesta Basáltica. Se presenta el porcentaje por celda cubierto por cada tipo de unidad de pastizal. Elaborado a partir de la información generada por Altesor et al. (2010).

El análisis de la relación entre las cartografías generadas y las unidades de suelo mostró que los pastizales P.Bas1 fueron los dominantes en las unidades de suelo Masoller y Cuchilla de Haedo-Paso de los Toros, mientras que los pastizales P. Bas2 dominaron en el resto de las unidades de suelo de esta región.

(4) Escudo Cristalino

Diversidad

El Escudo Cristalino presentó un nivel de riqueza intermedio (727 especies) (Tabla 13), con valores considerables de peces, anfibios, aves y mamíferos. Esta eco-región no presentó especies endémicas ni casi endémicas, pero si un considerable número de aves indicadoras (Anexo 4).

Esta eco-región coincidión fuertemente con la bio-zona suroeste de vertebados terrestres, identificada por Brazeiro et al. (2008).

Tabla 13. Riqueza de especies (S_total) y de especies representativas (S_CEnd: casi endémicas, S_End: endémicas e S_Ind: indicadoras) de la eco-región Escudo Cristalino.

GRUPO	S_total	S_CEnd	S_End	S_Ind
PECES	150	0	0	20
ANFIBIOS	34	0	0	0
REPTILES	49	0	0	0
AVES	295	0	0	4
MAMIFEROS	52	0	0	1
LEÑOSAS	147	0	0	3
TOTAL	727	0	0	28

Pastizales

En promedio las unidades censales de esta eco-región tienen entre 60 y 80% de coberturea de pastizales (Fig. 11). A partir del análisis numérico 54 censos se identificaron tres unidades de pastizales con características fisonómicas distintivas. La Unidad **EC-I**, está indicada por *Coelorhachis selloana, Eryngium nudicaule* y *Apium leptophyllum,* y presenta como especies más importantes en términos de cobertura a *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis*. La fisonomía está caracterizada por un estrato de 30 cm de altura dominado por subarbustos y un estrato bajo de 5 cm dominado por gramíneas postradas. Forma pastizales de alta cobertura vegetal, y desde el punto de vista funcional presentan un claro predominio de gramíneas estivales. Se desarrolla en distintas posiciones topográficas, tales como laderas, áreas altas convexas, de pendiente leve a moderada. La Unidad **EC-II**, está indicada por *Aristida venustula, Piptochaetium montevidense y Evolvolus sericeus.* Las especies de mayor importancia en términos de cobertura son *Paspalum notatum* y *Piptochaetium montevidense*. Está asociada a domos y laderas con presencia de pedregosidad y/o rocosidad en superficie y pendientes moderadas y altas. Presenta generalmente un solo estrato herbáceo abierto de 5 cm. de altura, constituido fundamentalmente por gramíneas estivales.

La Unidad **EC-III**, indicada por *Lolium multiflorum*, *Stipa charruana* y *Cynodon dactylon*, y presenta a *Stipa charruana* y *Paspalum dilatatum* como las especies más importantes en cuanto a su contribución en cobertura. En la mayoría de los casos presenta un

estrato de 30 cm de altura dominado por gramíneas erectas y un estrato bajo de 5 cm dominado por gramíneas postradas. Representa pastizales con alta cobertura vegetal y predominio neto de gramíneas invernales.

En cuanto al mapeo de las unidades de pastizal, se pudieron determinar dos unidades mapeables: Pastizales de Cristalino 1 (P.Cris1) y Pastizales de Cristalino 2 (P.Cris2). Debido a problemas para la discriminación espectral de las clases de pastizal, en esta eco-región se opto por realizar una clasificación fitosociologica que además de la presencia - ausencia de especies tuviera en cuenta la abundancia relativa de cada una de ellas. Las unidades de pastizal de cristalino son entonces, definidas *ad hoc* para la realización de la cartografía; por este motivo son definidas aquí con más detalle.

La unidad P.Cris1 tiene como especies indicadoras a *Eragrostis neesi, Piptochaetium montevidense, Aristida murina, Chevreulia sarmentosa, Paspalum notatum, Andropogon ternatus y Aristida venustula*. Esta unidad presenta alta variación fisonómica, desde stands con un sólo estrato herbáceo de 5 cm hasta stands con dos estratos, uno alto de 30 cm de altura dominado por subarbustos y otro bajo de 5 cm dominado por gramíneas postradas. Ocupa preferentemente áreas convexas y laderas de pendiente leve a pronunciada y presenta una cobertura vegetal del suelo media alta (moda 80, mínima 50 y máxima 100).

La unidad P.Cris2 tiene como especies indicadoras a *Lolium multiflorum, Stipa charruana y Paspalum dilatatum*. La fisonomía representativa corresponde a un estrato de 30 cm de altura dominado por gramíneas erectas y un estrato bajo de 5 cm dominado por gramíneas postradas. La cobertura vegetal del suelo es alta (moda 90, mínima 80 y máxima 100) y ocupa preferentemente superficies planas altas del paisaje y laderas de pendiente moderada.

Las unidades mapeables se asociaron en cierta medida con las unidades de suelo (Fig. 14). Los pastizales P.Cris1 dominaron en todas las unidades de suelo y los pastizales P.Cris2 alcanzaron su máxima cobertura en la unidad San Gabriel – Guaycuru, principalmente en el sector centro-sur de la eco-región (Fig. 14).

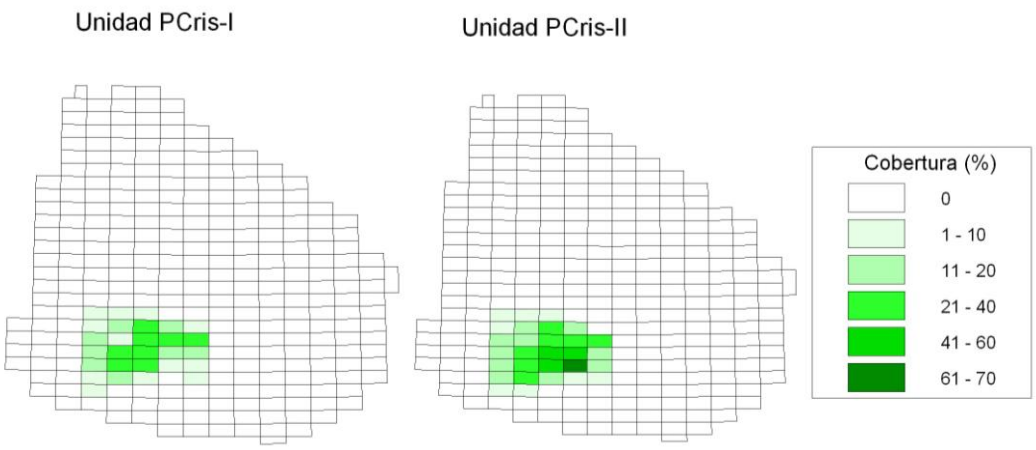

Figura 14. Distribución de las unidades mapebles de pastizales identificadas en la eco-región Escudo Cristalino. Se presenta el porcentaje por celda cubierto por cada tipo de unidad de pastizal. Elaborado a partir de la información generada por Altesor et al. (2010).

(5) Graven de la Laguna Merin

El Graven de la Laguna Merin presentó un nivel de riqueza intermedio (724 especies) (Tabla 14), con valores considerables de anfibios, reptiles, mamíferos y leñosas, y muy alta diversidad de aves. Este grupo presentó escasas especies endémicas/casi endemicas, pero si un alto número de especies indicadoras, especialmente de vertebrados (Anexo 4). Cabe destacar que presentó la mayor riqueza eco-regional de aves indicadoras (49 especies).

La delimitación de esta eco-región conincidió en parte con la subzona costera (1A) de la bio-zona SurSureste de vertebrados terrestre, identificada por Brazeiro et al. (2008).

Tabla 14. Riqueza de especies (S_total) y de especies representativas (S_CEnd: casi endémicas, S_End: endémicas e S_Ind: indicadoras) de la eco-región Graven de la Laguna Merin.

GRUPO	S_total	S_CEnd	S_End	S_Ind
PECES	99	1	0	34
ANFIBIOS	35	0	0	8
REPTILES	50	3	3	6
AVES	313	2	2	49
MAMIFEROS	57	1	1	8
LEÑOSAS	170	4	4	20
TOTAL	724	11	10	125

Pastizales

La cobertura de pastizales por unidad censal alcanza valores intermedios que oscilan entre 50-60% (Fig. 11). No se dispone por el momento de estudios que clasifiquen los pastizales de esta eco-región.

(6) Graven de Santa Lucía

El Graven de Santa Lucía presentó un nivel de riqueza comparativamente bajo (551 especies) (Tabla 15) para todos los grupos, lo que en parte podría asociarse a que esta eco-región es la de menor superficie. A pesar de esto, la región cuenta con un considerable número de especies indicadoras, particularmente de peces y leñosas (Anexo 4).

Tabla 15. Riqueza de especies (S_total) y de especies representativas (S_CEnd: casi endémicas, S_End: endémicas e S_Ind: indicadoras) de la eco-región Graven de Santa Lucía.

GRUPO	S_total	S_CEnd	S_End	S_Ind
PECES	85	0	0	6
ANFIBIOS	27	0	0	1
REPTILES	44	0	0	0
AVES	252	0	0	6
MAMIFEROS	41	0	0	1
LEÑOSAS	102	1	1	6
TOTAL	551	1	1	20

Pastizales

La cobertura de pastizales naturales es relativamente baja en la región, no superando en general el 40% de casa unidad censal (Fig. 11). No se dispone de información sobre las unidades de pastizal en esta eco-región.

(7) Sierras del Este

Diversidad

La eco-región Sierra del Este presentó un nivel de riqueza intermedio (744 especies) (Tabla 16), con valores considerables de peces, anfibios, reptiles, mamíferos y leñosas. Esta región presentó escasas especies endémicas/casi endemicas, pero si un considerable número de especies indicadoras, especialmente de leñosas y reptiles (Anexo 4).

La delimitación de esta eco-región conincidió en parte con la subzona 1B de la bio-zona SurSureste de vertebrados terrestre, identificada por Brazeiro et al. (2008), así como con el núcleo sur de la flora leñosa oriental.

Tabla 16. Riqueza de especies (S_total) y de especies representativas (S_CEnd: casi endémicas, S_End: endémicas e S_Ind: indicadoras) de la eco-región Sierras del Este.

GRUPO	S_total	S_CEnd	S_End	S_Ind
PECES	128	0	0	12
ANFIBIOS	36	0	0	4
REPTILES	50	0	0	6
AVES	288	0	0	5
MAMIFEROS	56	0	0	3
LEÑOSAS	186	1	1	34
TOTAL	744	1	1	64

Pastizales

En promedio entre un 70 y un 80% de las unidades censales de esta eco-ergión son cubiertas por praderas naturales (Fig. 11). El análisis numérico de 108 censos fitosociológicos permitió identificar 5 unidades.

La Unidad **S-I**, está indicada primariamente por *Piptochaetium stipoides, Botriochloa laguroides y Gaudinia fragilis.* Las especies que presentan mayores valores de cobertura son *Botriochloa laguroides, Piptochaetium montevidense y Richardia humistrata.* Ocupa preferentemente áreas convexas altas y laderas suaves de colinas y lomadas. Está asociada a suelos medios y profundos con alta cobertura vegetal del suelo, sin pedregosidad ni rocosidad en superficie. La fisonomía está caracterizada por presentar dos estratos, uno de 30 cm de subarbustos y gramíneas erectas, y otro de 5 cm de gramíneas postradas y hierbas. En cuanto a la composición por tipos funcionales, alrededor del 35 % de la cobertura está dada por gramíneas estivales y alrededor del 25 % por hierbas.

La unidad **S-II** está indicada principalmente por *Agenium villosum, Axonopus argentinus* y *Stylosanthes montevidensis*. Las especies de mayor importancia en cobertura son *Piptochaetium montevidense* y *Richardia humistrata*. Conforma un pastizal abierto (con alrededor del 70% del suelo con cobertura vegetal), generalmente con un estrato de 30 cm de subarbustivas y un estrato bajo de 5cm. Se ubica sobre laderas convexas de pendiente moderada a alta, en posiciones variables en el paisaje, y presenta habitualmente pedregosidad y/o rocosidad en superficie. Desde el punto de vista funcional la cobertura vegetal está dominada por gramíneas estivales, hierbas y gramíneas invernales en proporciones semejantes.

La Unidad **S-III** está indicada principalmente por *Paspalum pumilum, Eleocharis viridians* y *Gratiola peruviana*, y las especies de mayor importancia en cuanto a su cobertura son *Axonopus affinis* y *Paspalum pumilum*. Ocupa ladera medias y bajas cóncavas asociadas a pequeños cursos de agua, con pendiente entre plana y moderada. Los stands de esta unidad son de superficie reducida, accesorios en el paisaje. Presenta alta cobertura vegetal, cercana al 100%. Presenta una fisonomía de dos estratos, uno de pastos altos de 50-80 cm y otro de 5 cm de gramíneas postradas y ciperáceas. El tipo funcional de gramíneas estivales alcanza alrededor del 70% de cobertura promedio en esta unidad.

La Unidad **S-IV** está indicada por *Stipa filifolia, Eragrostis neesi* y *Evolvolus sericeus,* y las especies de mayor importancia son *Piptochaetium montevidense* y *Richardia humistrata*. Se ubica sobre suelos superficiales de laderas con pendiente variable (leve – alta) y siempre asociada con pedregosidad y rocosidad en superficie. Fisonómicamente está caracterizada por formar un pastizal abierto, con una cobertura del suelo baja en el entorno del 70%, generalmente con un estrato de 30 cm de subarbustivas y/ o gramíneas cespitosas y un estrato bajo de 5cm de gramíneas y hierbas de pequeño porte. Las gramíneas estivales son el componente dominante de la cobertura vegetal, seguidas por hierbas y gramíneas invernales.

La Unidad **S-V** está indicada principalmente por *Baccharis articulata, Baccharis ochracea, y Setaria vaginata.* Las especies de mayor contribución a la cobertura del suelo en esta unidad son *Baccharis ochraceae* y *Piptochaetium montevidense*. Ocupa áreas altas convexas y laderas medias y altas de pendientes mayormente moderadas. La fisonomía es de un pastizal-arbustivo con dos a tres estratos y una cobertura del suelo media – alta. La altura del estrato arbustivo varía entre 30 y 100 cm, y el estrato herbáceo es bajo y compuesto por gramíneas y hierbas.

Se describieron 2 unidades mapeables de pastizales naturales: Pastizales de Sierras 1 (P. Sie1) y Pastizales de Sierras 2 (P. Sie2). P. Sie1 comprende las unidades S-II y S-IV y está conformada por pastizales abiertos sobre suelos superficiales. P. Sie2, comprende las unidades S-I y S-V y está conformada por pastizales densos sobre suelos medios y profundos.

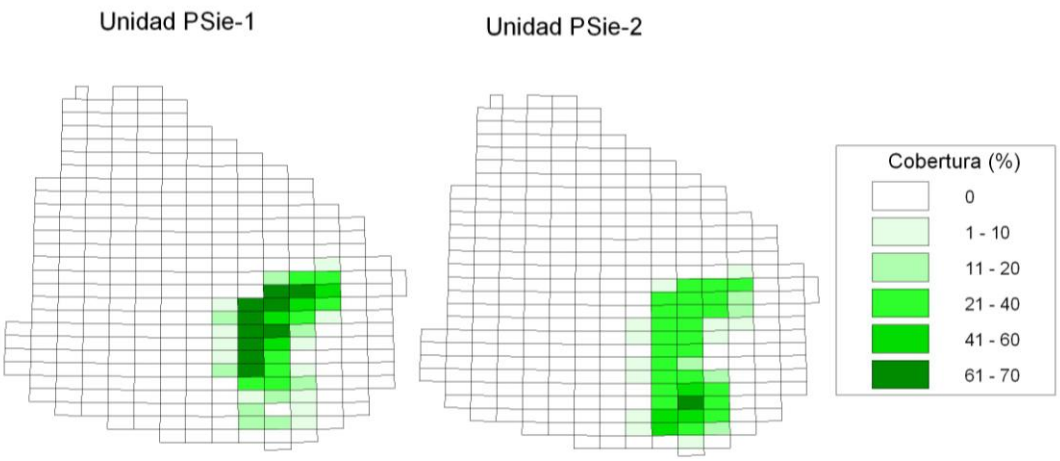

Figura 15. Distribución de las unidades mapebles de pastizales identificadas en la eco-región Sierra el Este. Se presenta el porcentaje por celda cubierto por cada tipo de unidad de pastizal. Elaborado a partir de la información generada por Altesor et al. (2010).

Los pastizales P.Sie1 dominaron en el sector centro-oeste, precisamente en las unidades de suelo Valle Fuentes, Carapé, Valle Aigua, Sierra de Ánimas, Sierra de Aigua y Santa Clara. Por su parte, la unidad P.Sie2 dominó en el resto de las unidades.

7. BIBLIOGRAFIA

Achkar M, Domínguez A y Pesce F(2004): Diagnóstico socioambiental participativo en Uruguay. Tomate Verde Ediciones.

Altesor A, Baeza S, Gallego F, Lezama F y Paruelo J (2010): La variación florística de los pastizales de las principales regiones ganaderas del Uruguay.

Arballo E y Cravino JC (1999): Aves del Uruguay, Manual Ornitológico. Vol. I. Edit. Hemisferio Sur. pp. 466.

Baeza S, Gallego F, Lezama F, Altesor A y Paruelo JM (2011a): Cartografía de los pastizales naturales en las regines geomorfológicas de Uruguay predominantemente ganaderas. En: Altesor A, Ayala W y Paruelo JM (eds). Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales. FPTA-INIA Serie 25. 33-54pp

Baeza S, Paruelo JM y Altesor A (2006): Caracterización funcional de la vegetación del Uruguay mediante el uso de sensores remotos. INCI, 31(5):382-388.

Baeza S, Paruelo JM y Lezama F (2011b): Caracterización funcional en pastizales y sus aplicaciones en Uruguay. En: Altesor A, Ayala W y Paruelo JM (eds). Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales. FPTA-INIA Serie 25. 163-182pp

Bailey RG (2009): *Ecosystem Geography: From Ecoregions to Sites*. Springer, New York. (2da. Edición). 251p.

Bailey RG (1996): Ecosystem geography. Springer, New York, 204 pp.

Brazeiro A, Achkar M, Canavero A, Fagúndez C, González E, Grela I, Lezama F, Maneyro R, Barthesagy L, Camargo A, Carreira S, Costa B, Núñez D, da Rosa I y Toranza C (2008): Prioridades geográficas para la conservación de la Biodiversidad terrestre de Uruguay. Resumen Ejecutivo. Proyecto PDT 32-26. 48 pp.

Brazeiro A, Aldabe J, Aretche F, Carreira S, González E, Maneyro R, Martínez JA, Loureiro M y Panzera A (2010): Base de datos espaciales de Biodiversidad de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MAGAP/PPR – Vida Silvestre Uruguay. 48p.

Clarke, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18, 117-143.

Dinerstein E, Olson D, Graham DJ, Webster AL, Prim SA, Bookbinder MP, Ledec G (1995): *A conservation assessment of the terrestrial ecosystems of Latin America and the Caribbean.* Published in association with The World Wildlife Fund and The Word Bank. Washington DC. 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.

Dufrêne M y Legendre P (1997): Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs 67:345-366.

Evia G y Gudynas E (2000): Ecología del Paisaje en Uruguay. Aportes para la conservación de la Diversidad Biológica. Por MVOTMA, AECI y Junta de Andalucía, Sevilla.

Grela I (2004): Geografía florística de especies arbóreas de Uruguay: propuesta para la delimitación de dendrofloras. Tesis M.Sc. PEDECIBA-Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.

Hammer O, Harper DAT y Ryan PD (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp.

Legendre P y Legendre L (1998): Numerical Ecology. 2nd Ediotion. Elsevier. pg. 870.

Lezama F, Altesor A, Pereira M y Paruelo JM (2011): Descripción de la heterogeneidad florística de las principales regiones geomorfológicas de Uruguay. En: Altesor A, Ayala W y Paruelo JM (eds). Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales. FPTA-INIA Serie 25. 15-32pp

Ludwig AJ y Reynolds FJ (1988): Statistical Ecology: A primer on methods and computing. Wiley. New York. Digby & Kempton, 1987

McCune B y Mefford MJ (1995): PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, Version 2.0. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon. 126 pp.

Moilanen A, Wilson K, Possingham H (2009): Spatial conservation prioritization: Quantitative methods and computational tools. Oxford University Press, Oxford, UK

Olson DM, Dinerstein E, Wikramanayake ED, Burgess DN, Powell GVN, Strand ECE, Morrison JC, Loucks CJ, Allmutt TF, Ricketts TH, Kura Y, Lamoreoux JF, Wettengel WW, Hedao P y Kassen KR (2001): Terrestrial ecoregions of the world: a new map of the life on Earth. BioScience 51: 933-938.

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, UdelaR, Montevideo. 32 p. (Avances de Investigación).

Peel, MC, Finlayson BL y McMahon TA (2007) Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Hydrology and Earth System Sciences, 11: 1633-1644.

Sganga JC (1994): Caracterización de la vegetación de la República Oriental del Uruguay. En: Contribuciones de los estudios edafológicos al conocimiento de la vegetación en la República Oriental del Uruguay. Boletín Técnico Nº 13. Dirección de Suelos y Aguas. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Montevideo, Uruguay. pp 5-14.

Sokal RR y Michener CD (1958): A Statistical Methods for Evaluating Systematic Relationships. University of Kansas Science Bulletin, 38: 1409-1438.

Underwood, J. A. D'Amico, I. Itoua, H.Panario D, Gutiérrez O, Achkar M, Bartesaghi L y Ceroni M (2011): Clasificación jerárquica de paisajes de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MAGAP/PPR – Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR/SZU/Facultad de Ciencias. 181p.

Wishart D (1969): *Mode Analysis: A Generalization of Nearest Neighbor which Reduces Chaining Effects*, in Numerical Taxonomy, Ed., AJ Cole, Academic Press, 282-311.