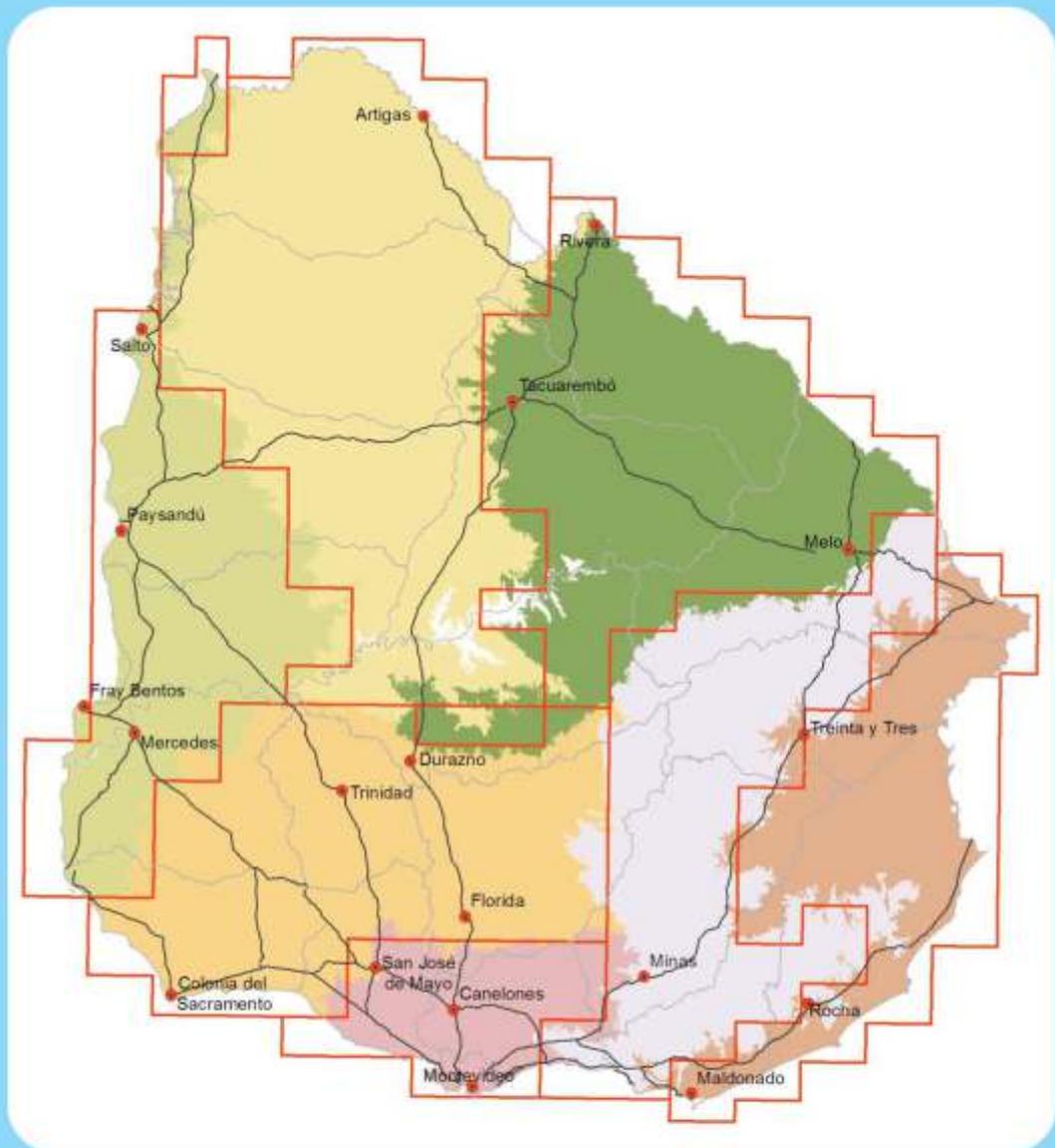


# ECO-REGIONES DE URUGUAY: BIODIVERSIDAD, PRESIONES Y CONSERVACIÓN

Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad



Editor Alejandro Brazeiro



# ECO-REGIONES DE URUGUAY: BIODIVERSIDAD, PRESIONES Y CONSERVACIÓN Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad

Editor  
Alejandro Brazeiro



ISBN: 978-9974-0-0940-0

Primera edición: marzo de 2015. Montevideo, Uruguay.

Facultad de Ciencias - UDELAR  
Iguá 4225 Esq. Mataojo  
Tels.: (598) 2525 8618 al 23 | Fax: (598) 2525 8617

Vida Silvestre  
Canelones 1164 Edificio Conventuales  
Tel.: (598) 2902 5853

Centro Interdisciplinario de Estudios sobre el Desarrollo - CIEDUR  
18 de Julio 1645/7  
Tel./Fax: (598) 2408 4520

Sociedad Zoológica del Uruguay  
Iguá 4225 Esq. Mataojo  
Tels.: (598) 2525 8618 Int. 149

Como citar este libro: Brazeiro A (2015): Eco-Regiones de Uruguay: Biodiversidad, Presiones y Conservación. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Facultad de Ciencias, CIEDUR, VS-Uruguay, SZU. Montevideo. 122 p.

Impreso en Tradinco S.A.  
Minas 1367 - Tel: 2409 4463  
[www.tradinco.com.uy](http://www.tradinco.com.uy)  
Depósito Legal N° 366.573 /15

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	5
<b>LISTA DE AUTORES</b> .....	7
<b>PREFACIO</b> .....	8
<b>Capítulo 1. BIODIVERSIDAD, CONSERVACIÓN Y DESARROLLO EN URUGUAY</b>	
<i>Alejandro Brazeiro</i> .....	10
<b>Capítulo 2. PLANIFICACIÓN ECO-REGIONAL: UNA ESTRATEGIA PARA INTEGRAR CONSERVACIÓN Y USO SUSTENTABLE EN URUGUAY</b>	
<i>Alejandro Brazeiro</i> .....	16
<b>Capítulo 3. MAPEO DE LA BIODIVERSIDAD DE URUGUAY</b>	
<i>Alejandro Brazeiro, Marcel Achkar y Lucía Bartesaghi, Mauricio Ceroni, Joaquín Aldabe, Santiago Carreira, Alejandro Duarte, Enrique González, Federico Haretche, Marcelo Loureiro, Juan Andrés Martínez-Lanfranco, Raúl Maneyro, Sebastián Serra y Matías Zarucki</i> .....	22
<b>Capítulo 4. CLASIFICACIÓN Y MAPEO DE AMBIENTES DE URUGUAY</b>	
<i>Daniel Panario, Ofelia Gutiérrez, Marcel Achkar, Lucía Bartesaghi y Mauricio Ceroni</i> .....	32
<b>Capítulo 5. IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE ECO-REGIONES DE URUGUAY</b>	
<i>Alejandro Brazeiro, Daniel Panario, Alvaro Soutullo, Ofelia Gutiérrez, Angel Segura y Patricia Mai</i> .....	46
<b>Capítulo 6. IDENTIFICACIÓN DE PRIORIDADES DE CONSERVACIÓN DE LAS ECO-REGIONES DE URUGUAY</b>	
<i>Alejandro Brazeiro, Alvaro Soutullo y Lucía Bartesaghi</i> .....	60
<b>Capítulo 7. EVALUACIÓN DE LAS PRINCIPALES PRESIONES Y AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD DE URUGUAY</b>	
<i>Marcel Achkar, Alejandro Brazeiro y Lucía Bartesaghi</i> .....	70
<b>Capítulo 8. FUTURAS AMENAZAS: ESCENARIOS DE CAMBIO DE USO DEL SUELO EN URUGUAY</b>	
<i>Marcel Achkar, Alfredo Blum, Lucía Bartesaghi y Mauricio Ceroni</i> .....	86
<b>Capítulo 9. IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE CORREDORES DE CONSERVACIÓN</b>	
<i>Ofelia Gutiérrez, Daniel Panario, Marcel Achkar, Lucía Bartesaghi y Alejandro Brazeiro</i> .....	100
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	115



## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento y reconocimiento, a todas las Instituciones y Curadores responsables de las colecciones y herbarios, que compartieron su valioso patrimonio de información sobre la biodiversidad de nuestro país. En particular, a los responsables de las Colecciones Zoológicas del Museo Nacional de Historia Natural (MNHN), Colección Zoología Vertebrados (Facultad de Ciencias), Herbario Atilio Lombardo del Jardín Botánico (MVJB) (IMM) y Herbario Bernardo Rosengurtt (MVFA) (Facultad de Agronomía). Sin la información generada y conservada por estas instituciones, la realización de los estudios de biodiversidad que se presentan en esta obra no hubieran sido posible. Asimismo, extendemos nuestro reconocimiento a los investigadores y técnicos que desarrollaron el detallado estudio de los suelos del Uruguay durante las décadas de los 60's y 70's, y que hoy día constituye un pilar fundamental para la investigación y gestión ambiental de los ecosistemas terrestres del país.

Agradecemos a todas las personas que nos han apoyado en las diferentes fases de elaboración de este libro. No podemos dejar de nombrar al Dr. Nicolás Marchand, impulsor del Proyecto “Bases para la planificación eco-regional de Uruguay”, al Ing. Agr. Carlos Pérez-Arrarte, férreo defensor del mencionado proyecto, al Dr. Estanislao de Luis Calabuig que brindó desinteresadamente su asesoramiento en varios temas, realizando valiosos aportes conceptuales que robustecieron los resultados aquí generados y a Paula Scavarelli que colaboró intensamente en las primeras fases de la diagramación y diseño de este libro.

Finalmente, agradecemos a los distintos Proyecto que apoyaron financieramente la generación y publicación de los resultados aquí presentados. Algunos de los principales y

más recientes: Proyecto FC/FAGRO/DINAMA- PDT 32-26 “Prioridades geográficas para la conservación de la biodiversidad terrestre de Uruguay” (2005-2008), Proyecto FC-CSIC I+D “Diversidad de Leñosas de Uruguay: Patrones Geográficos y Escenarios ante el Cambio Climático” (2009-2011), proyecto FC-PDT 71-08 “Patrones de distribución de los peces de aguas continentales de Uruguay” (2007-2009) y Proyecto FC/Vida Silvestre/Ciedur/Sociedad Zoológica-PPR(MGAP) “Bases para la planificación eco-regional de Uruguay” (2009-2012).

## LISTA DE AUTORES

**Alejandro Brazeiro.** Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay. Sociedad Zoológica de Uruguay.

**Alejandro Duarte.** Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

**Alfredo Blum.** Centro Interdisciplinarios de Estudios sobre el Desarrollo (CIEDUR), Uruguay.

**Alvaro Soutullo.** Vida Silvestre Uruguay.

**Angel Segura.** Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

**Daniel Panario.** Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

**Enrique González.** Vida Silvestre Uruguay.

**Federico Haretche.** Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

**Joaquín Aldabe.** Centro Regional Este e Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

**Juan Andrés Martínez.** Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

**Lucía Bartesaghi.** Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

**Marcel Achkar.** Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

**Marcelo Loureiro.** Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

**Matías Zarucki.** Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

**Mauricio Ceroni.** Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

**Ofelia Gutiérrez.** Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

**Patricia Mai.** Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

**Raúl Maneyro.** Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay. Sociedad Zoológica de Uruguay.

**Santiago Carreira.** Sociedad Zoológica de Uruguay.

**Sebastián Serra.** Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

# PREFACIO

Uno de los principales desafíos que debe afrontar la Humanidad en la actualidad, es la colosal pérdida de biodiversidad (MEA 2005). La conservación de la biodiversidad ha dejado de ser una preocupación exclusiva de científicos y ambientalistas, ya que cada vez más, políticos, tomadores de decisión y público en general, están advirtiendo la relevancia de los ecosistemas para la sociedad (Capítulo 1). En países como Uruguay, donde la economía depende fundamentalmente de los recursos naturales, la necesidad de conservar y manejar prudentemente la biodiversidad es vital. La meta de un “Uruguay Sustentable”, que integre inteligentemente al “Uruguay productivo” con el “Uruguay Natural”, se encuentra hoy día ante una encrucijada (Capítulo 1). Para lograr adecuadamente esta integración, es necesario contar con una sólida Estrategia Nacional de Biodiversidad, sustentada en la mejor información y metodología disponible.

En este sentido, este libro es concebido como una contribución a la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Este trabajo compila, analiza e integra un considerable volumen de información ambiental de Uruguay, esencialmente referida a su biodiversidad, suelos, geomorfología, ambientes y usos del suelo, a los efectos de determinar y caracterizar las eco-regiones terrestres del país. La eco-regionalización aporta un marco ecológico de referencia para la gestión ambiental del territorio, aplicable a múltiples propósitos, pero que es especialmente útil para planificar la conservación de la biodiversidad.

Durante las últimas décadas, se viene extendiendo la aplicación de un enfoque de conservación basado en el concepto de eco-región, conocido como Planificación eco-regional (Capítulo 2). La idea central de este enfoque, desarrollado por la organización conservacionista Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sigla en inglés), es que la unidad territorial ideal para planificar la conservación, es la eco-región (ER). La ER es una unidad relativamente grande de tierra o agua que contiene un ensamble de comunidades naturales distintivo, caracterizado por compartir la gran mayoría de las especies, en un marco de condiciones ambientales y dinámica común (Dinerstein *et al.* 2000). La eco-región es la unidad más apropiada para planificar la conservación debido a que: (1) se corresponde con los principales factores ecológicos y evolutivos que crean y mantiene la diversidad; (2) toma en cuenta la viabilidad poblacional de especies que demandan grandes áreas, que no serían contempladas en aproximaciones de menor escala, como el sitio; (3) comprende un conjunto lógico de comunidades biogeográficamente relacionadas; y (4) proporciona una marco donde entender

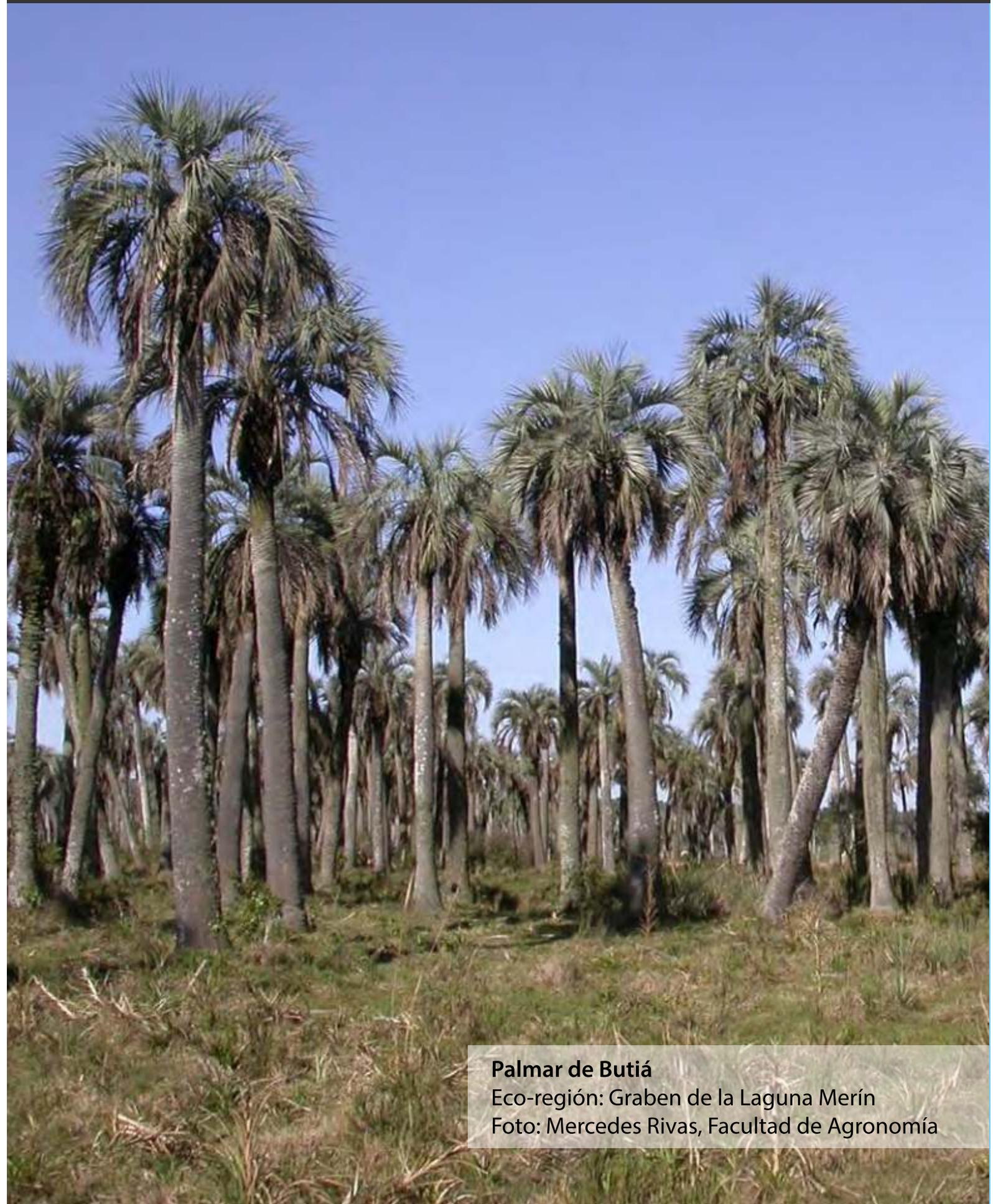
mejor el papel que los proyectos específicos pueden jugar en la conservación de la biodiversidad en el largo plazo.

Para identificar y delimitar las eco-regiones del país, fue necesario generar dos insumos básicos, una zonificación biótica y otra geomorfológica (Capítulo 5). Para ello, se desarrolló por un lado una extensa base de datos espacial de biodiversidad (leñosas, peces, anfibios, reptiles, aves, mamíferos) y mapas de distribución de las especies (Capítulo 3). Por otro lado, fue necesario generar un mapa de ambientes del país (Capítulo 4), a partir de información edáfica, geomorfológica y de cobertura del suelo.

Un tema central que debe abordar toda Estrategia Nacional de Biodiversidad, es la priorización espacial. Por tanto, en este libro se evaluó la relevancia ecológica del territorio a los efectos de identificar sitios prioritarios para la conservación dentro de cada eco-región (Capítulo 6), así como zonas de importancia para mantener la conectividad biológica del paisaje (Capítulo 9). Finalmente, para cada eco-región se evaluaron las principales presiones actuales sobre los ecosistemas continentales (uso del suelo, invasiones) (Capítulo 7), y a partir del desarrollo de escenarios futuros de cambio de uso del suelo, se analizaron las posibles amenazas futuras para la biodiversidad del país (Capítulo 8).

*Alejandro Brazeiro, Montevideo 2015.*

# BIODIVERSIDAD, CONSERVACIÓN Y DESARROLLO EN URUGUAY



**Palmar de Butiá**

Eco-región: Graben de la Laguna Merín

Foto: Mercedes Rivas, Facultad de Agronomía

# 1

## BIODIVERSIDAD, CONSERVACIÓN Y DESARROLLO EN URUGUAY

Alejandro Brazeiro

### 1.1. BIODIVERSIDAD DE URUGUAY

A pesar de su relativamente baja superficie continental (176.215 km<sup>2</sup>), Uruguay alberga una considerable biodiversidad (i.e., ecosistemas, especies y variabilidad genética) debido a su condición de territorio transicional. Si bien tradicionalmente Uruguay ha sido incluido en la provincia pampeana (Cabrera & Willink 1973), y ha sido considerado como una eco-región homogénea de pradera (Sabanas Uruguayas, sensu Dinerstein et al. 1995), existen claras evidencias que indican la condición transicional del país, con fuertes influencias de las vecinas Provincias Paranaense y Chaqueña (Chebataroff 1942, 1960, Grela 2004, Haretche et al. 2012, Capítulo 6).

Las praderas de Uruguay, que ocupan alrededor del 70% del territorio continental, han sido identificadas como una de las áreas de mayor diversidad de gramíneas a nivel mundial (centro de diversidad primario) (World Conservation Monitoring Centre 1992). Además de distintos tipos de praderas (ver Capítulo 6), Uruguay posee varios tipos de bosques (ej., galería, serrano, quebrada, costeros) y sabanas arboladas (e.g. algarrobales, espinillares, palmares), que cubren el 4.5% del territorio. Posee además importantes áreas de humedales, dentro de los que se destacan a nivel internacional los Humedales del Este, y los Esteros de Farrapos en el oeste del país (sitios Ramsar). Los Humedales del Este han sido además declarados Reserva de Biosfera de la UNESCO (Programa MAB), y son considerados por Conservation International, como una de las áreas de humedal más importantes del Neotrópico.

La condición transicional, sumada a la alta diversidad de ecosistemas, permite que un elevado número de especies de animales y vegetales de diferente afinidad bio-geográfica, habite el país. Actualmente se conocen en el ámbito continental 2.750 especies de plantas superiores (302 leñosas, Capítulo 3) y alrededor de 859 vertebrados (219 peces, 48 anfibios, 65 reptiles, 453 aves y 74 mamíferos) (Capítulo 3). En el caso de las aves, Uruguay se destaca en la región por su alta riqueza de especies por unidad de superficie, que es 40% superior a la de Argentina y 25 % superior a la de Brasil, a pesar de que estos países son 16 y 48 veces más grande que Uruguay respectivamente (Aspiroz 2001).

## 1.2. CRISIS DE LA BIODIVERSIDAD

Uno de los principales desafíos que debe afrontar la Humanidad en la actualidad, es la colosal pérdida de biodiversidad. La cobertura de ecosistemas naturales del planeta ha sido drásticamente erosionada. Alrededor del 50% de la superficie terrestre ya ha sido modificada por el Hombre, principalmente a través de la sustitución de sistemas naturales por sistemas agrícolas o urbanos (Chapin et al. 1997, MEA 2005). A nivel mundial, las tierras bajo cultivo se han incrementado en un 12% y las tierras pastoreadas en un 10%, entre el año 1961 y el 2000. Esta tendencia expansionista de la frontera agropecuaria podría mantenerse, o incluso acentuarse en el futuro cercano, debido al proyectado aumento de la demanda de alimentos para abastecer a la creciente población mundial, que podría duplicarse o triplicarse para el año 2050 (Green et al. 2005). Por lo tanto, se prevé que el cambio de uso y cobertura del suelo (CUCS) seguirá siendo en el futuro (2100) la principal amenaza para la biodiversidad (Sala et al. 2000). A nivel de especies, se han extinguido durante la era moderna entre el 5 y el 20% de las especies de aves, mamíferos, peces y plantas de la Tierra (Pimm et al. 1995), y se estima que el ritmo actual de extinción es al menos entre 100 y 1000 veces mayor que en etapas Pre-Hombre (Lawton & May 1995, Pimm et al. 1995, Wilson 1992).

La biodiversidad terrestre (Dinerstein et al. 1995) y acuática continental (Olson et al. 1999) de nuestra región ("Sabanas Uruguayas" sensu Dinerstein et al. 1995), ha sido clasificada dentro del continente Americano como "Vulnerable" y "en peligro" respectivamente. En Uruguay, la pérdida (i.e., sustitución) de ecosistemas naturales se ha dado en forma más acelerada en las últimas décadas, perdiéndose entre 1988 y 2007, 1.840.000 ha de ecosistemas naturales (GeoUruguay 2008). En el año 2007, un 27% del territorio continental había sido sustituido por cultivos y plantaciones forestales, esencialmente pastizales (Brazeiro et al. 2008, Capítulo 8 y 9). El sector forestal fue fuertemente impulsado a partir de la promulgación en 1987 de la Ley N° 15.939, que redujo la presión fiscal en áreas de prioridad forestal, lo que llevó a que la superficie forestada se multiplicara por 10 en 15 años (1991-2006) (GeoUruguay 2008). A nivel agrícola, la soja ha sido el cultivo de mayor crecimiento, multiplicándose el área cultivada por 10 en sólo 6 años, pasando de menos 45.000 ha en el 2001 a casi 450.000 ha en 2007 (GeoUruguay 2008), llegando hoy día a convertirse en uno de los principales rubros de la agricultura nacional con aproximadamente un millón de hectáreas sembradas (MGAP/DIEA).

Los bosques nativos de Uruguay han experimentado una reducción importante (80.000 ha) entre 1937 y 1980, pero en los últimos años, se ha observado una recuperación (Escudero 2004, Gautreau 2006). De acuerdo con la información del Censo Agropecuario (DIEA 2000), la superficie de bosque nativo pasó de 2,7% en 1961, a 3,7% en año 2000 (GEOUruguay 2008), mientras que una evaluación reciente de la Dirección Forestal basada en análisis de imágenes satelitales estima una superficie de aproximadamente 4,2%. Sin embargo, es importante señalar que coincidentemente con este aumento de superficie, se está dando en algunos bosques, especialmente en el sur, una importante degradación asociada a las invasiones biológicas (Escudero 2004, Capítulo 8).

A nivel de especies también existen evidencias de problemas de conservación, ya que han sido identificadas en categorías de amenaza, 13 especies de anfibios, 10 de reptiles (Canavero et al. 2010), 14 de mamíferos continentales (González & Martínez-Lanfranco 2010) y alrededor de 45 aves (Aspiroz, Alfaro & Giménez com.pers). Las plantas no han sido aun objeto de evaluación del estado de conservación, aunque existe información sobre especies sujetas a fuertes procesos de erosión genética, como las gramíneas de la pradera natural y las palmas *Butia capitata* y *B. yatay* (Mercedes Rivas com.pers).

### 1.3. BIODIVERSIDAD Y DESARROLLO

La conservación de la biodiversidad ha dejado de ser en la actualidad una preocupación exclusiva de científicos y ambientalistas. Cada vez más, los políticos, tomadores de decisión y público en general, están advirtiendo la relevancia de los ecosistemas para la sociedad, particularmente a partir de la divulgación del informe "Evaluación de los Ecosistemas del Milenio" (MEA 2003, por su sigla en inglés). Este informe, desarrollado por más de 1300 científicos de diversas nacionalidades para las Naciones Unidas, destacó los vínculos entre el estado de los ecosistemas y el bienestar humano, a través de la provisión de servicios ecosistémicos. Estos son definidos en términos amplios como todos los beneficios obtenidos por las sociedades humanas a partir del funcionamiento de los ecosistemas (MEA 2003). Los ecosistemas brindan bienes esenciales para la vida, tales como combustibles, medicinas, alimentos y agua. Regulan y amortiguan el ambiente (e.g., clima, enfermedades y plagas, inundaciones, erosión) generando las condiciones necesarias para la vida humana y para la producción (e.g., agua, suelo fértil, polinización, materias primas). Asimismo, brindan oportunidades para la educación, recreación e inspiración.

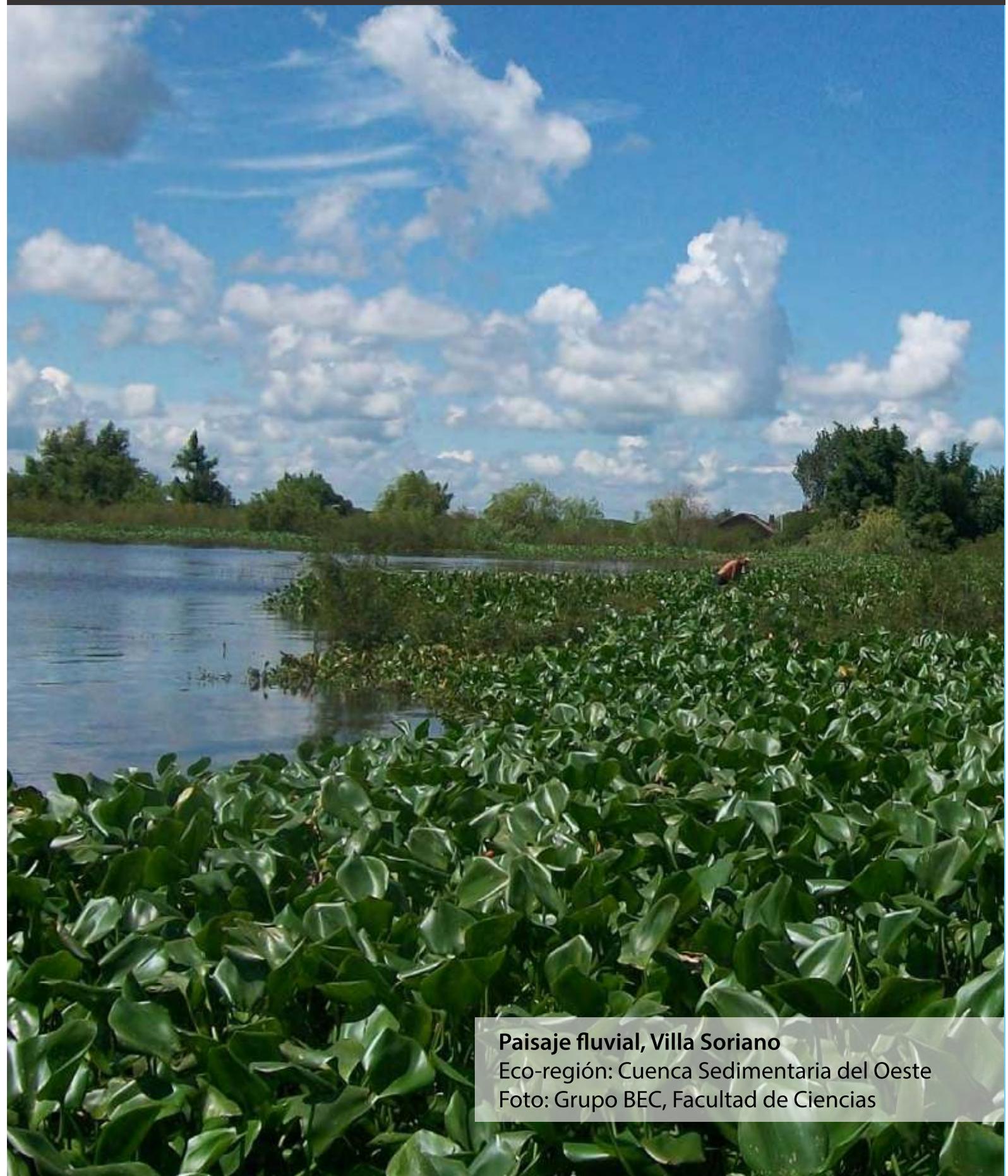
Existen muy buenas razones para conservar la biodiversidad: (1) nos conviene, ya que obtenemos de ella importantes bienes y producimos a partir de ella; (2) dependemos de ella, ya que brinda servicios esenciales para la vida; (3) las consecuencias de la pérdida de una sola especie podría llegar a ser drástica debido a la existencia de interacciones complejas no-lineales; (4) puede resultar imposible recuperar un ecosistemas que ha sido alterado más allá de cierto límite y (5) es un responsabilidad ética, sustentada en el derecho de las demás especies del planeta y en el de las próximas generaciones humanas.

Todas las sociedades humanas se generan y desarrollan en el marco de sistemas naturales (o ecológicos), que los contienen. De hecho, los sistemas naturales sustentan y limitan el funcionamiento de las sociedades, aportando elementos y servicios esenciales, mientras que al hacer uso de estos recursos, las sociedades modifican y controlan los ecosistemas. Esta mutua interacción genera sistemas sociales y ecológicos estrechamente acoplados (Walker et al. 2006). Las condiciones de vida de las poblaciones humanas dependen críticamente de la integridad de los ecosistemas y de la sustentabilidad de este acoplamiento, por lo que resulta esencial investigar en el desarrollo de estrategias que promuevan esta sustentabilidad (Ostrom 2009).

En países como Uruguay, donde la economía depende fundamentalmente de los recursos naturales, la necesidad de conservar y manejar prudentemente la biodiversidad es vital. La meta de un “Uruguay sustentable” se encuentra hoy día ante una encrucijada. Por un lado, el país ya ha experimentado crecimientos exponenciales del área agrícola en detrimento de áreas silvestres, tendencia que podría acentuarse en un futuro cercano debido a las fuertes presiones económicas globales por acentuar la expansión e intensificación agrícola. Sumado a este contexto global, existe una fuerte vocación estatal por aumentar la producción y exportación nacional, que se sintetiza en el slogan “Uruguay productivo”. Por otro lado, en el país se viene impulsando varias políticas que apuntan a la conservación y desarrollo sustentable que se encuadran dentro del marco del slogan “Uruguay Natural”, como por ejemplo las vinculadas a la producción y pesca responsable, creación de áreas protegidas, ordenamiento territorial y turismo sustentable. Estas dos visiones del país, productivo y natural, deberán lograr un dialogo abierto y sincero, y por sobre todo en igualdad de condiciones, para consensuar alternativas verdaderamente sustentables, y trascender la simple retórica o expresión de “buenos deseos”.



# PLANIFICACIÓN ECO-REGIONAL: UNA ESTRATEGIA PARA INTEGRAR CONSERVACIÓN Y USO SUSTENTABLE EN URUGUAY



**Paisaje fluvial, Villa Soriano**

Eco-región: Cuenca Sedimentaria del Oeste

Foto: Grupo BEC, Facultad de Ciencias

# 2

## PLANIFICACIÓN ECO-REGIONAL: UNA ESTRATEGIA PARA INTEGRAR CONSERVACIÓN Y USO SUSTENTABLE EN URUGUAY

Alejandro Brazeiro

### 2.1. INTRODUCCIÓN

Cómo satisfacer las necesidades actuales de la población humana, asegurando las oportunidades de las próximas generaciones y conservando la biodiversidad, es sin duda el gran desafío de la humanidad en nuestros días. En Uruguay la producción agropecuaria juega un rol decisivo en este dilema (Capítulo 1). Según Green et al. (2005) existen dos tipos de soluciones para articular sustentablemente producción y conservación, en un escenario de mayores demandas de alimentos: (1) *Preservación de tierras*. Separar las tierras salvajes, a conservar, de las productivas, y en estas últimas, intensificar la producción agrícola para maximizar los rendimientos. De esta manera, es esperable que la demanda de tierras agrícolas se redujera. (2) *Agricultura amigable con la vida silvestre*. Se centra en reducir y mitigar los impactos de las prácticas agrícolas sobre la biodiversidad dentro de los cultivos, sin reducir el área cultivada. Esta alternativa aumentaría la densidad de las poblaciones silvestres en tierras agrícolas, pero podría disminuir la productividad agrícola por unidad de superficie.

En nuestro país ambas aproximaciones conviven. Se está avanzando en la preservación de tierras a través de la creación de áreas protegidas (e.g., Sistema Nacional de Áreas Protegidas, áreas departamentales, áreas privadas), así como en la incorporación de medidas conservacionistas en los sistemas productivos (e.g., Programa de Producción Responsable del MGAP). Para avanzar en la integración sinérgica entre estos importantes esfuerzos, y para optimizar los resultados, resulta esencial desarrollar una estrategia general de conservación. En este sentido, la Planificación Eco-regional constituye un marco conceptual y metodológico ideal para la construcción de tal estrategia.

### 2.2. PLANIFICACIÓN ECO-REGIONAL

El enfoque eco-regional de conservación (EERC), o Planificación Eco-regional, es una aproximación desarrollada por la WWF (World Wildlife Fund) para el Banco Mundial (Dinerstein et al. 2000), enmarcada dentro de la corriente moderna de planificación sistemática para la conservación (e.g., Margules & Pressey 2000).

### 2.2.1. Metas

Las metas fundamentales subyacentes al EERC son: (1) conservar una muestra representativa de todas las comunidades naturales de la región, (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 afrontar las perturbaciones de origen natural y antrópico (e.g., cambio climático).

### 2.2.2. Principios

El EERC se sustenta en los siguientes principios rectores:

- *Representatividad*: procurar la conservación de una muestra representativa de la biodiversidad (ecosistemas, especies) del país.
- *Priorización*: focalizar los esfuerzos de conservación (e.g. áreas protegidas, manejo responsable, restauración) en las zonas prioritarias, es decir en aquellas destacadas por su alto valor ecológico y alto nivel de riesgo.
- *Eficiencia*: procurar conservar la mayor biodiversidad posible por un costo invertido.
- *Complementariedad*: seleccionar los sitios prioritarios teniendo en cuenta su contribución a la conservación de elementos desprotegidos de la biodiversidad, procurando lograr la representatividad.

### 2.2.3. Bases: el concepto de eco-región

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 (Dinerstein et al. 2000). La eco-región es la unidad más apropiada para la planificación de la conservación debido a que: (1) se corresponde con los principales factores ecológicos y evolutivos que crean y mantienen la diversidad; (2) toma en cuenta la viabilidad poblacional de especies que demandan grandes áreas, que no serían contempladas en aproximaciones de menor escala (e.g. sitios); (3) comprende un conjunto lógico de comunidades bio-geográficamente relacionadas, lo que facilitaría avanzar hacia la meta de representatividad; y (4) proporciona un marco donde entender mejor el papel que los proyectos específicos pueden jugar en la conservación de la biodiversidad en el largo plazo.

## 2.2.4. Etapas de la planificación eco-regional

El proceso de planificación eco-regional puede dividirse en 7 grandes etapas:

**(1) Construcción de bases de datos ambientales:** compilación de información sobre biodiversidad (especies, ecosistemas) y otras variables ecológicas de interés (e.g., suelos, relieve, etc.).

**(2) Identificación y delimitación de eco-regiones:** generación de propuesta de eco-regionalización en base al análisis de la información ambiental disponible.

**(3) Evaluación ecológica eco-regional:** análisis por eco-región de atributos ecológicos ligados a los objetivos de conservación (e.g., diversidad específica, especies amenazadas o focales, servicios ecosistémicos).

**(4) Evaluación de amenazas:** análisis por eco-región de las principales amenazas para la conservación, actuales y futuras (i.e., construcción de escenarios).

**(5) Identificación de sitios prioritarios:** priorización de sitios en función de su relevancia ecológica.

**(6) Identificación de posibles corredores de conservación:** generación de propuesta de paisaje de conservación que promueva la conectividad de los sitios prioritarios para la conservación.

**(7) Elaboración de planes locales específicos:** Generación de propuestas de acción focalizadas en la conservación de sitios y corredores biológicos prioritarios, y en la mitigación/prevenición de impactos derivados de las amenazas más graves.

## 2.3. BASES PARA LA PLANIFICACIÓN ECO-REGIONAL DE URUGUAY

El proyecto “Bases para la planificación eco-regional de Uruguay”, ejecutado por la Facultad de Ciencias y las ONG’s CIEDUR, Sociedad Zoológica del Uruguay y Vida Silvestre Uruguay, con financiación del PPR-MGAP, avanzó en las primeras 6 etapas (Fig. 2.1.). Los principales resultados obtenidos en cada una de ellas, se presentan en los próximos capítulos, tal como se muestra en la figura. 2.1. Estos resultados constituyen la base para avanzar en el futuro en la planificación local o departamental.

<b>ETAPAS GENERALES DEL EERC</b>	<b>BASES PARA LA PLANIFICACIÓN ECO-REGIONAL DE URUGUAY</b>
1. Base de datos ambientales	Capítulo 3: Biodiversidad Capítulo 4: Ambientes
2. Identificación de Eco-regiones	Capítulo 5: Eco-regiones
3. Evaluación ecológica	Capítulo 3: Diversidad
4. Evaluación de amenazas	Capítulo 7: Amenazas actuales Capítulo 8: Amenazas futuras (escenarios)
5. Sitios prioritarios	Capítulo 6: Prioridades
6. Corredores de conservación	Capítulo 9: Corredores
7. Planificación local	

**Figura 2.1.** Etapas generales del Enfoque eco-regional de conservación (EERC). A la derecha se detallan los capítulos que abordan los temas correspondientes a cada etapa.



# MAPEO DE LA BIODIVERSIDAD DE URUGUAY



**Cardenal copete rojo (*Paroaria coronata*)**  
registrado en salida de campo  
Eco-región: Escudo Cristalino  
Foto: Gupo BEC, Facultad de Ciencias

# 3

## MAPEO DE LA BIODIVERSIDAD DE URUGUAY

Alejandro Brazeiro, Marcel Achkar, Lucía Bartesaghi, Mauricio Ceroni, Joaquín Aldabe, Santiago Carreira, Alejandro Duarte, Enrique González, Federico Haretche, Marcelo Loureiro, Juan Andrés Martínez-Lanfranco, Raúl Maneyro, Sebastián Serra y Matías Zarucki

### PRESENTACIÓN

En este capítulo se sintetizan dos informes técnicos, Brazeiro et al. (2010) y Brazeiro et al. (2012a), los cuales presentan la elaboración de una base de datos nacional de biodiversidad y su aplicación a la generación de mapas potenciales de diversidad de vertebrados y plantas leñosas a dos resoluciones espaciales (1: cuadrícula de ~66.000 ha, 2: parche de hábitat de  $10^2$  - $10^3$  ha). Estos resultados se enmarcan dentro de la primera etapa del proceso de planificación eco-regional de Uruguay (i.e., Construcción de bases de datos ambientales, ver Capítulo 2).

### 3.1. INTRODUCCIÓN

La identificación de prioridades de conservación dentro de un territorio requiere un paso previo fundamental, el mapeo de la distribución geográfica de los objetos biológicos de interés para la conservación (Margules & Preseey 2000, Ferrier 2002, Moilanen et al. 2009). En tal sentido, disponer de mapas confiables que describan a una resolución espacial apropiada la distribución de los objetos de conservación seleccionados, tales como las especies amenazadas, endémicas o focales y la riqueza de especies, es un importante objetivo de conservación.

Los avances de Uruguay en la generación de bases de datos geo-referenciadas de diversidad a nivel nacional son recientes. Grela (2004) compiló la información sobre plantas leñosas de Uruguay al año 2003. Por su parte, Brazeiro et al. (2008) compilaron y sistematizaron la información de vertebrados terrestres, gramíneas y leñosas al año 2005. En ambas iniciativas, los registros de ocurrencia fueron geo-referenciados usando como base la grilla correspondiente al Plan Cartográfico Nacional (escala 1:50.000 del Servicio Geográfico Militar), que divide al territorio nacional en 302 cuadrículas de 660 km<sup>2</sup> cada una. Si bien esta información constituye un valioso insumo para la planificación nacional, la resolución espacial (i.e., cuadrícula de 660 km<sup>2</sup>) no es adecuada para sustentar análisis sub-nacionales, como por ejemplo, para identificar sitios prioritarios para la conservación dentro de las eco-regiones de Uruguay.

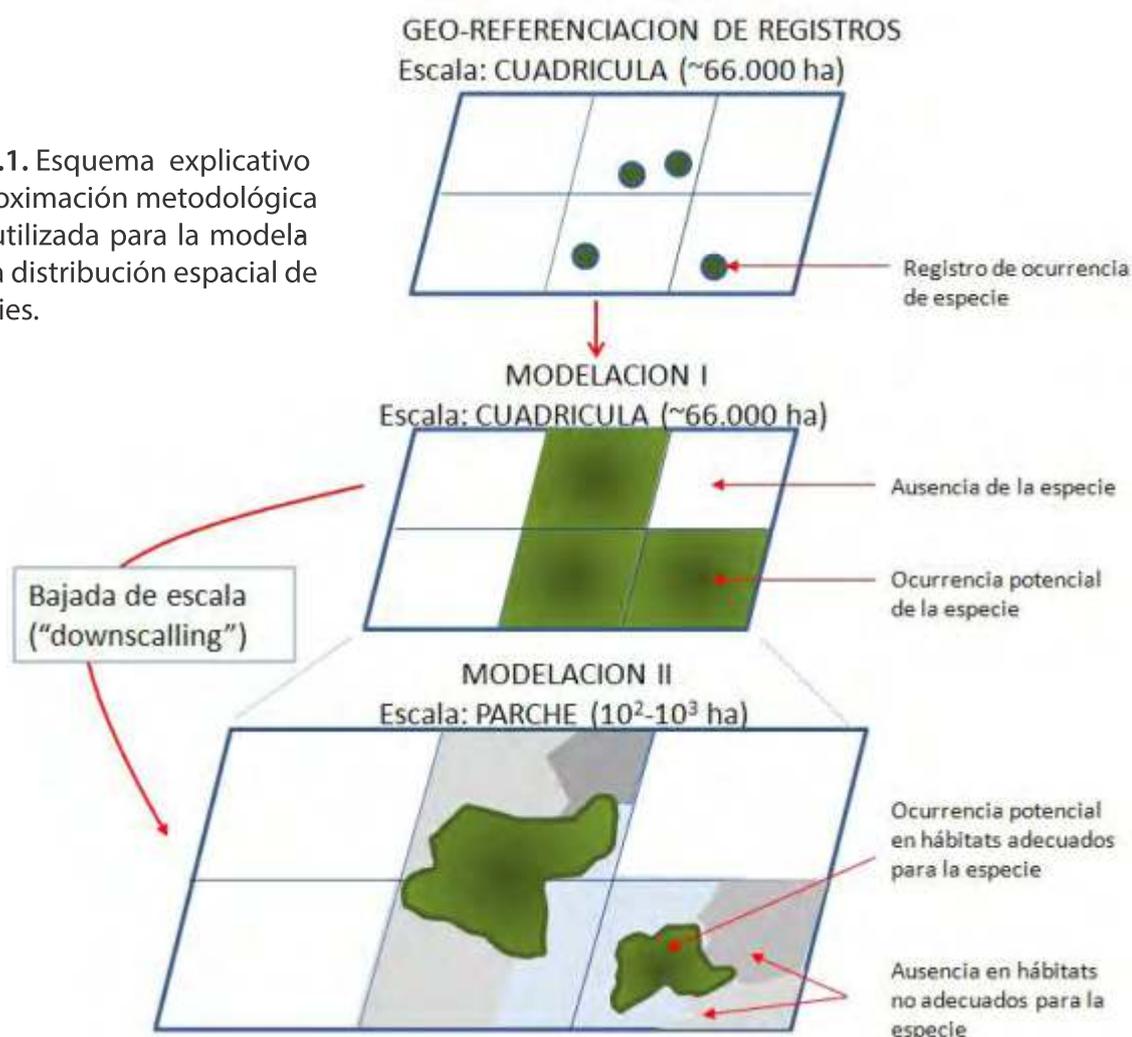
Para trabajar dentro de eco-regiones, con superficies del orden de las  $10^5$ - $10^6$  ha (ver Capítulo 5), se requieren por lo menos mapas de distribución con una resolución del orden de  $10^2$ - $10^3$  ha. Esta escala espacial (i.e., grano) corresponde naturalmente a la de parche de hábitat dentro de paisajes, y al mismo tiempo coincide con la escala de las unidades tipo de planificación (Ferrier 2002).

El objetivo de este trabajo fue modelar, a escala de parche de hábitat ( $10^2$ - $10^3$  ha), la distribución espacial de las especies de vertebrados (peces, anfibios, reptiles, mamíferos y aves) y leñosas, como grupos indicadores de la biodiversidad continental de Uruguay. Esto implicó la generación de una base de datos nacional de biodiversidad actualizada al año 2010, así como una base de datos cartográfica digital con los mapas de distribución de 1.052 especies.

### 3.2. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA

El proceso de modelación de las especies constó de 3 grandes etapas: (1) Compilación y geo-referenciación de registros de distribución de las especies, (2) Modelación I, a baja resolución espacial (i.e., cuadrícula  $\sim 66.000$  ha) y (3) Modelación II, a alta resolución espacial (i.e., parche de hábitat,  $10^2$ - $10^3$  ha) (ver Fig. 3.1).

**Figura 3.1.** Esquema explicativo de la aproximación metodológica general utilizada para la modelación de la distribución espacial de las especies.



### 3.2.1. Compilación y geo-referenciación de registros

Se compiló y geo-referenció un total de 67.275 registros de distribución de especies (Tabla 3.1), 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).

Se compiló 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). Los registros fueron geo-referenciados tomando como referencia la grilla de 302 cuadrículas (~66.000 ha) del Plan Cartográfico Nacional (escala 1:50.000) del Servicio Geográfico Militar.

**Tabla 3.1.** 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.

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	453	347	8.606
	J. Andrés Martínez-L			
MAMÍFEROS	Enrique González	74	73	11.459
<b>Total</b>		<b>1.161</b>	<b>1.052</b>	<b>67.275</b>

### 3.2.2. Modelación I

Para cada especie se estimó la distribución potencial en el país a escala de cuadrícula. Para algunas especies no fue posible estimar su distribución, ya sea porque la información es muy escasa, dudosa, o se desconoce su ecología. La modelación de cada especie fue realizada a partir del mapeo de los datos compilados, y el conocimiento experto (Tabla 3.1) de los requerimientos de hábitat y capacidad de dispersión, presencia de potenciales barreras para la dispersión (e.g., límites de cuencas, sierras), distribución regional y mapas geomorfológicos y de vegetación (Arvallo & Cravino 1999, Achkar et al 2004). De tal forma se interpoló, o extrapoló espacialmente, la información de ocurrencia, obteniéndose así la distribución potencial de cada especie. En cada una de las 302 cuadrículas se indicó con 1 la presencia registrada, con 0,5 la presencia inferida (sin registros) y con 0, la ausencia. Mediante la suma de ocurrencias, ya sean registradas o potenciales, se estimó la riqueza (número de especies) potencial de especies por cuadrícula.

### 3.2.3. Modelación II

Se realizó una reducción de escala (*downscaling*) (aumento de resolución) de las distribuciones a escala de cuadrícula (Modelación I), en función de modelos de adecuación de ambientes. Para esto se utilizó el mapa de ambientes de alta resolución de Uruguay (Panario et al. 2010, Capítulo 4) y la adecuación de los ambientes para las especies, definidos en función de la opinión de expertos.

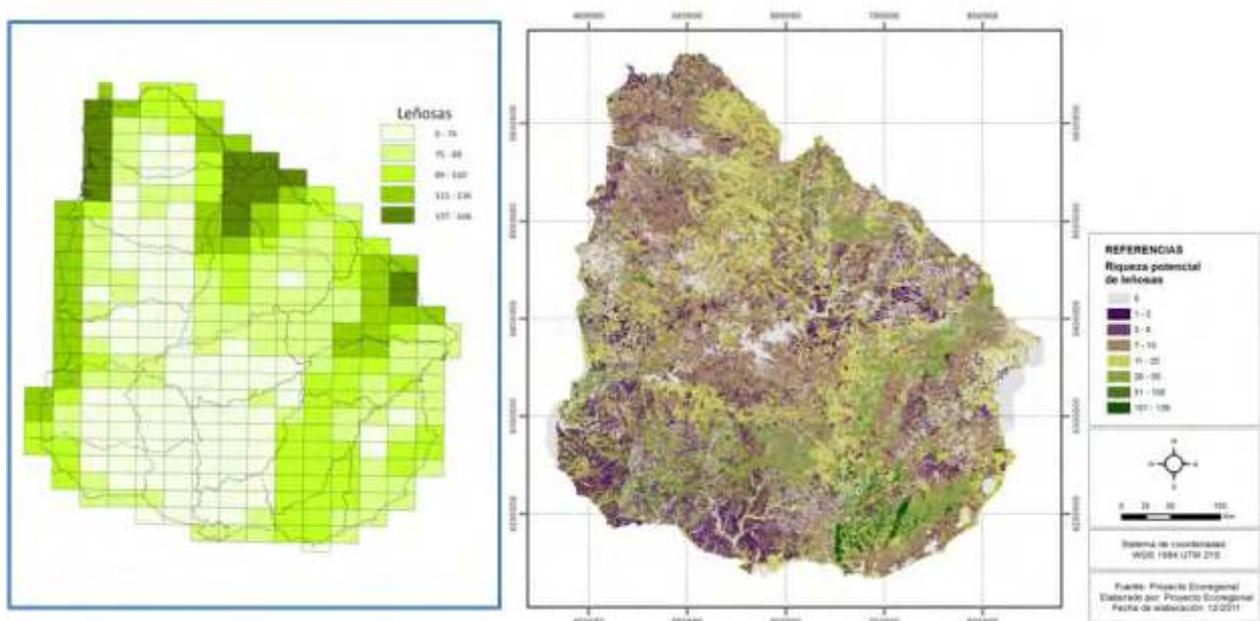
La adecuación especie-específica de los ambientes (125 ambientes terrestres para vertebrados y leñosas, y 137 ambientes acuáticos para peces) fue evaluada para las correspondientes especies, por zoólogos y botánicos especialistas en los grupos considerados (Tabla 3.1), en función de la información disponible y experiencia de campo. Fueron considerados solo tres niveles de adecuación: (a) *Ambiente esencial* para el ciclo de vida de la especie, ya sea para la reproducción, refugio o alimentación. (b) *Ambiente secundario* usado ocasionalmente ya sea para transitar, refugiarse o alimentarse. La supervivencia de la especie no depende fuertemente de estos ambientes. (c) *Ambiente no adecuado* para la especie en ninguna etapa de su ciclo de vida, salvo excepciones.

La modelación se implementó en ArcGIS 10 (ESRI 2010), conectando las coberturas de ambientes, de distribución a escala de cuadrícula y la tabla de datos de adecuación especie-específica de los ambientes.

### 3.3. MAPEO DE LA BIODIVERSIDAD

#### 3.3.1. Leñosas

La riqueza específica de las leñosas a escala de cuadrícula varió fuertemente en el territorio nacional (Rango: 62-166 especies), presentando bajos valores en el centro-sur y máximos en los bordes este y oeste (Fig. 3.2). Se detectaron 3 núcleos de alta diversidad: (1) Noreste, asociado a la zona de quebradas de la Cuchilla Negra (Rivera, Tacuarembó), (2) Norte, asociado al litoral sobre los ríos Uruguay y Cuareim en Artigas y Salto, y (3) Este, sobre la Cuchilla grande en el departamento de Cerro Largo. Al aumentar la resolución espacial, se aprecia que el núcleo Norte corresponde a franjas estrechas de bosques fluviales (Uruguay y Cuareim), mientras que los núcleos Noreste y Este, se asocian a mayores superficies de hábitats (Fig. 3.2). El mapeo de alta resolución, también pone en evidencia la alta diversidad de leñosas en la zona de Sierras del Este, particularmente en Maldonado.



**Figura 3.2.** Mapeo de la riqueza de especie de leñosas de Uruguay a dos resoluciones espaciales: cuadrícula de ~66.000 ha (panel izquierdo) y parche de hábitat de  $10^2$ - $10^3$  ha (panel derecho).

#### 3.3.2. Peces

Los peces presentaron una importante variabilidad en la riqueza de especies por cuadrícula (Rango: 44-152 especies), con máximos en todo el litoral oeste y extremo norte (Fig. 3.3). El mapa de alta resolución destaca la alta diversidad de los ríos Uruguay y Cuareim, y afluentes. Este mapa también resalta el Río Negro y afluentes, y secundariamente a la Laguna Merín y su cuenca. Asimismo, la cuenca de la Laguna Merín se destaca por el alto nivel de endemismo (Albert et al. 2011).

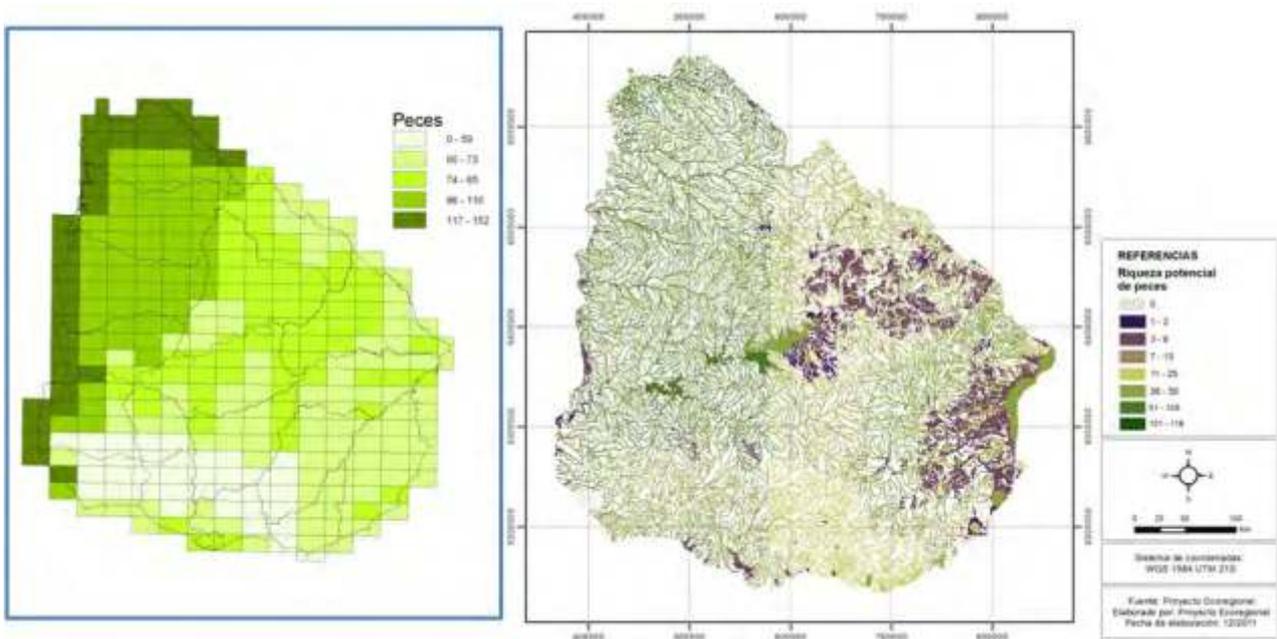


Figura 3.3. Mapeo de la riqueza de especie de peces de Uruguay a dos resoluciones espaciales: cuadrícula de ~66.000 ha (panel izquierdo) y parche de hábitat de  $10^2$ - $10^3$  ha (panel derecho).

### 3.3.3. Anfibios

Los anfibios presentaron una importante variabilidad geográfica en la riqueza específica a escala de cuadrícula (Rango: 18-35 especies) (Fig. 3.4). Los núcleos de máxima riqueza potencial son: (1) Franja costera Platense y especialmente la Atlántica, (2) Cuenca de la Laguna Merín (Rocha, Treinta y Tres y Cerro Largo), (3) Región de serranías del noreste (Cuchilla de Haedo y Santa Ana) en Rivera, y (4) Litoral oeste, especialmente el sector norte (Artigas y Salto). El mapeo de alta resolución confirma estas áreas de alta diversidad.

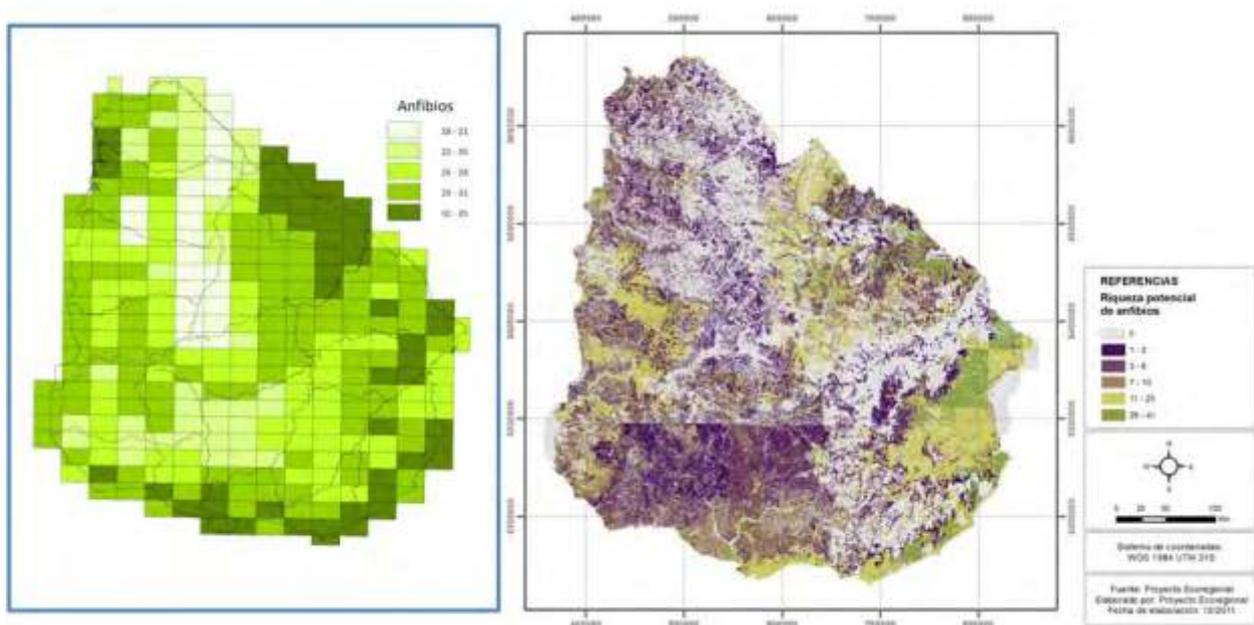
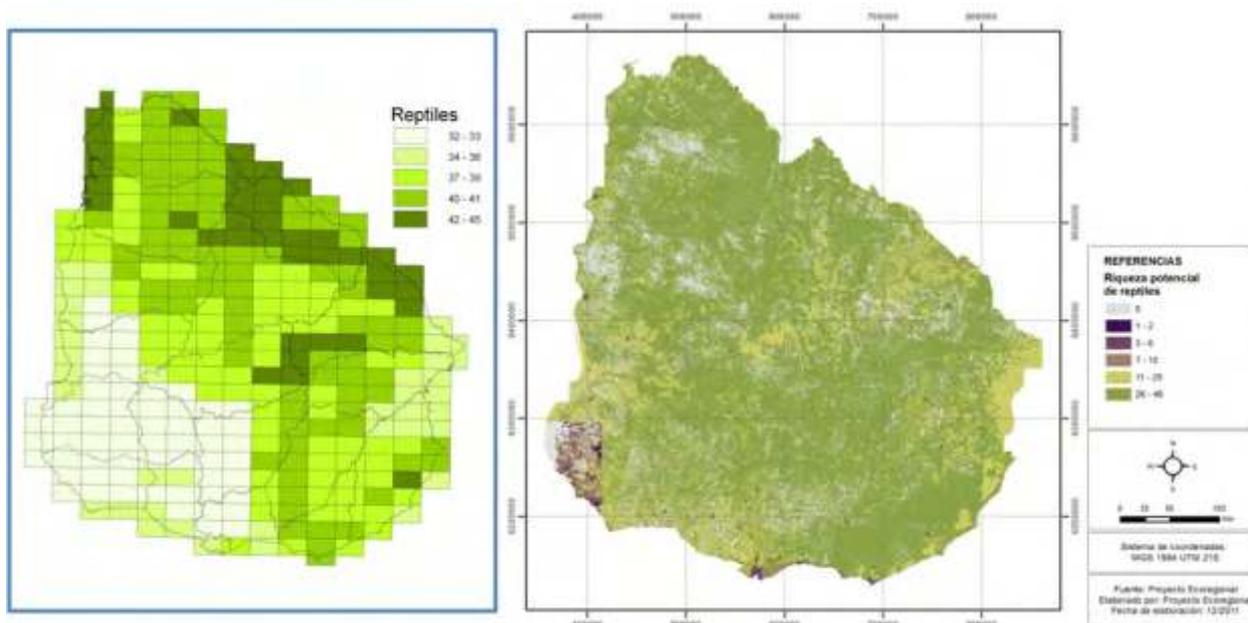


Figura 3.4. Mapeo de la riqueza de especie de anfibios de Uruguay a dos resoluciones espaciales: cuadrícula de ~66.000 ha (panel izquierdo) y parche de hábitat de  $10^2$ - $10^3$  ha (panel derecho).

### 3.3.4. Reptiles

La riqueza de reptiles por cuadrícula varió moderadamente, entre 32 y 45 especies (Fig. 3.5). En general, el Norte y Este presentaron alta riqueza potencial, especialmente: (1) El área asociada a la Cuchilla Grande (Maldonado, Lavalleja, Treinta y Tres y Cerro Largo), (2) Cuchilla de Haedo y Santa Ana (Tacuarembó, Rivera y Cerro Largo) y (3) Extremo norte del Litoral Oeste (Artigas y Salto). En el mapeo de alta resolución la escasa variabilidad geográfica se atenúa aún más.



**Figura 3.5.** Mapeo de la riqueza de especie de reptiles de Uruguay a dos resoluciones espaciales: cuadrícula de ~66.000 ha (panel izquierdo) y parche de hábitat de  $10^2$ - $10^3$  ha (panel derecho).

### 3.3.5. Aves

La riqueza específica de aves presentó una moderada variabilidad geográfica (Rango: 235-280 especies) a escala de cuadrícula (Fig. 3.6). Se destacan 3 núcleos de alta riqueza potencial: (1) Costa Atlántica (Maldonado y Rocha), (2) Cuenca de la Laguna Merín y Sierra de Ríos (Rocha, Treinta y Tres y Cerro Largo) y (3) Litoral Oeste (Paysandú, Salto y Artigas). El patrón de riqueza que surge del mapeo de alta resolución, confirma los núcleos 1 y 2. A alta resolución, y posiblemente como consecuencia de la pérdida de hábitats, el núcleo 3 de riqueza parece acotarse a escasos relictos de hábitat. Asimismo, se destacan otras áreas de elevada diversidad como las Sierras del Este, Isla Cristalina de Rivera, y Norte de Artigas y Salto. Sin embargo, el modelo señaló zonas de baja diversidad en el centro de los departamentos de Paysandú, Salto y Artigas que, a priori, no se corresponden con lo esperado según opinión de los expertos. Una evaluación del modelo con datos de campo en estos sitios permitirá ajustar y mejorar la capacidad predictiva del modelo.

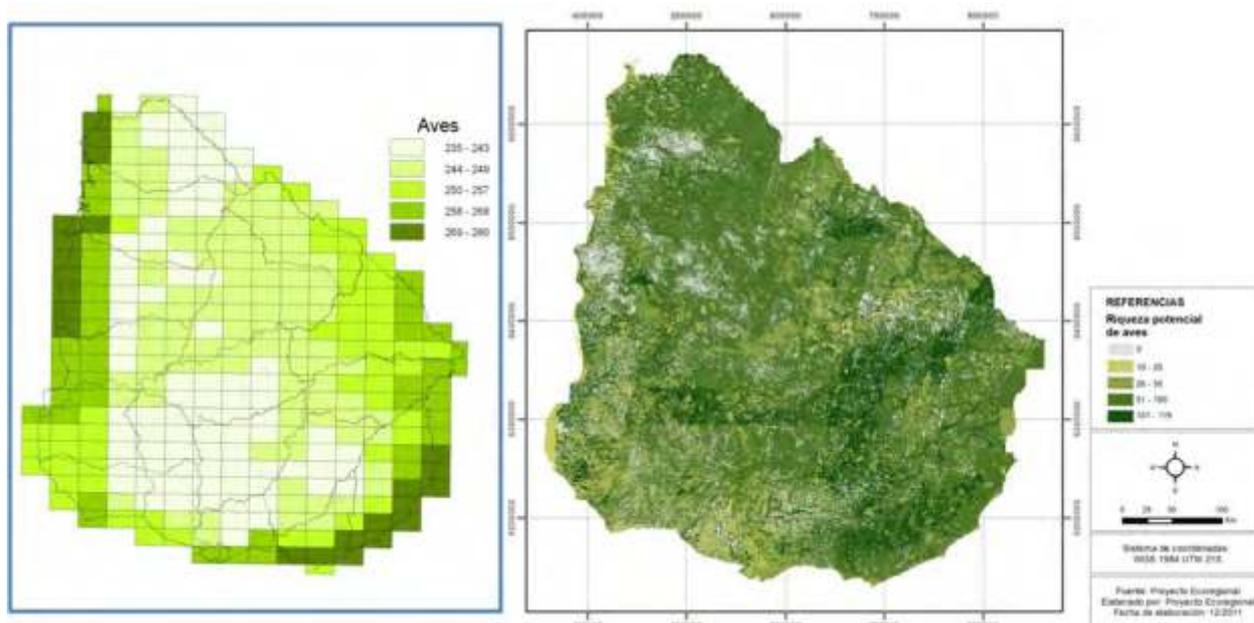


Figura 3.6. Mapeo de la riqueza de especie de aves de Uruguay a dos resoluciones espaciales: cuadrícula de ~66.000 ha (panel izquierdo) y parche de hábitat de  $10^2$ - $10^3$  ha (panel derecho).

### 3.3.6 Mamíferos

Los mamíferos también presentaron una considerable variabilidad geográfica en la riqueza de especies (Rango: 33-51 especies) a escala de cuadrícula (Fig. 3.7). En términos generales, la riqueza es alta en los bordes fronterizos del país y baja en el centro. Se destacan 3 núcleos de alta riqueza potencial: (1) Extremo norte de la Cuchilla Grande (Treinta y Tres, Cerro Largo y Tacuarembó), (2) Cuchilla de Santa Ana y de Haedo (Tacuarembó y Rivera) y (3) Extremo Norte del Litoral oeste (Artigas). El mapeo de alta resolución de la riqueza muestra que las tendencias antes descritas se mantienen en general, pero con menor contraste.

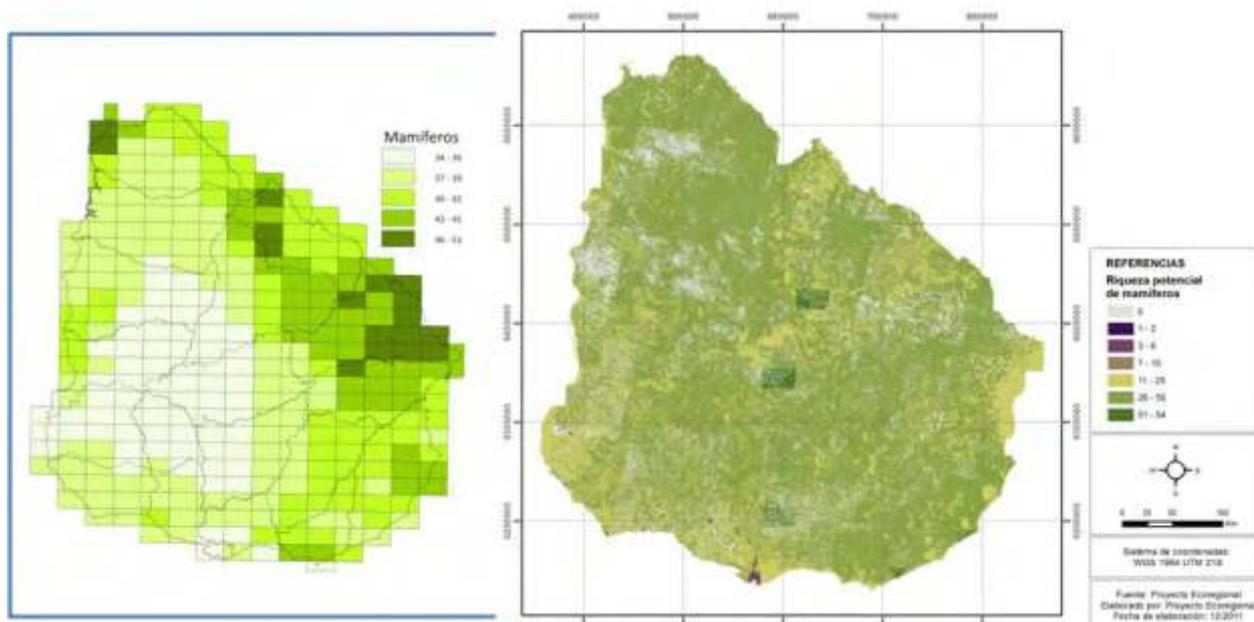


Figura 3.7. Mapeo de la riqueza de especie de mamíferos de Uruguay a dos resoluciones espaciales: cuadrícula de ~66.000 ha (panel izquierdo) y parche de hábitat de  $10^2$ - $10^3$  ha (panel derecho).

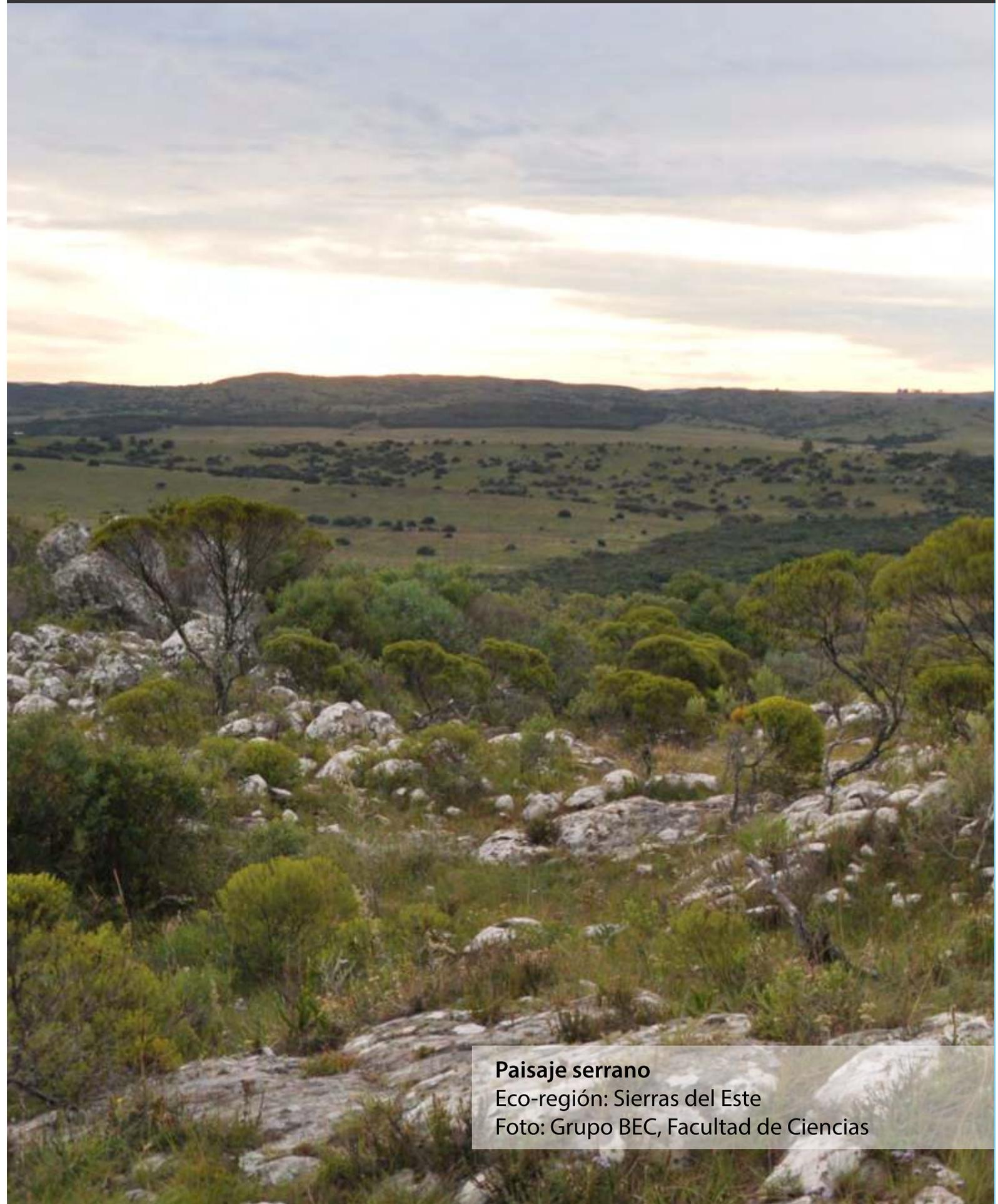
### 3.4. CONSIDERACIONES FINALES

En este trabajo se sintetiza el mejor conocimiento sobre la distribución de la diversidad de vertebrados y leñosas de Uruguay a la fecha. Los mapas de riqueza generados, responden a la modelación de 1.052 especies, a partir de la integración de una robusta base de información científica (67.275 registros de ocurrencia) con el conocimiento experto de botánicos y zoólogos especialistas en los diferentes grupos. Por tanto, a pesar de que en algunas zonas los registros disponibles son aun escasos, la información espacial generada tiene un nivel de confianza aceptable, constituyendo un insumo fundamental para la planificación eco-regional del país.

No obstante, como toda información derivada de la modelación, es potencial, ya que está sujeta a distintas fuentes de error. La falta de registros en gran parte del país (Brazeiro et al. 2008) es sin lugar a dudas una de las principales limitantes. Por otra parte, el conocimiento sobre los requerimientos de hábitat y capacidad de dispersión de algunas especies es muy limitado (Brazeiro et al. 2012a), lo que podría afectar los resultados de la modelación, especialmente la de alta resolución. Por lo tanto, nuestros resultados deben considerarse dentro del marco de un proceso de aproximaciones sucesivas al mapeo de la biodiversidad de Uruguay, que seguramente sufrirá modificaciones y mejoras en el futuro, a medida que surjan nuevos datos y conocimientos. Los resultados de baja resolución (i.e., mapa a escala de cuadrículas) mostraron ser robustos, ya que los registros de ocurrencia nuevos (2005-2010) validaron en general las distribuciones modeladas en base a los registros previos al 2005 (Brazeiro et al. 2010). En el caso de la modelación de alta resolución, aun no se ha evaluado su poder predictivo, por lo que debe considerarse como una primera aproximación, sujeta a la continua revisión y actualización.

Finalmente, cabe destacar que la base de datos de biodiversidad de Uruguay que se construyó en 2008 (Brazeiro et al. 2008) y se actualizó en el presente trabajo, constituye un fuerte avance para el país en el área ambiental, en línea con compromisos internacionales asumidos ante la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB, Artículo 7; Brazeiro et al. 2007). Este esfuerzo, debería consolidarse en una Base Nacional de Biodiversidad, que se implemente y actualice permanentemente, integrando los aportes de los diferentes actores (Universidad, Colecciones y Museos, Estado y ONG's) través de la cooperación interinstitucional.

# CLASIFICACIÓN Y MAPEO DE AMBIENTES DE URUGUAY



**Paisaje serrano**

Eco-región: Sierras del Este

Foto: Grupo BEC, Facultad de Ciencias

# 4

## CLASIFICACIÓN Y MAPEO DE AMBIENTES DE URUGUAY

Daniel Panario, Ofelia Gutiérrez, Marcel Achkar, Lucía Bartesaghi y Mauricio Ceroni

### PRESENTACIÓN

Este capítulo sintetiza los principales resultados del informe técnico Panario et al. (2011), el cual se centra en la realización de una clasificación jerárquica de ambientes de Uruguay. Asimismo, integra resultados vinculados al mapeo de ambientes, presentados en Brazeiro et al. (2012a). Todos estos resultados se enmarcan dentro de la primera etapa del proceso de planificación eco-regional de Uruguay (i.e., Construcción de bases de datos ambientales, ver Capítulo 2).

### 4.1. INTRODUCCIÓN

La planificación del territorio y el manejo de ecosistemas, tanto con fines productivos como de conservación de la naturaleza, requieren del conocimiento del mismo, y de su representación a diferentes escalas. De hecho, un mapa de ambientes, o ecosistemas, es un insumo fundamental para la planificación ambiental.

Las clasificaciones de paisajes 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 y canadiense. Diferentes aproximaciones y metodologías se han aplicado en las clasificaciones de ambientes, empíricas o deductivas, cualitativas o cuantitativas (ver revisión de Bailey 2009).

En la presente propuesta, se propone ajustar para las condiciones del país, el sistema de “Clasificación de Eco-regiones y determinación de Sitio y Condición” de Gastó et al. (1993), que es una clasificación jerárquica de ambientes con unidades mutuamente excluyentes y exhaustivas a diferentes escalas.

### 4.2. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA

Se aplicó en líneas generales el sistema propuesto por Gastó et al. (1993), cuyas bases corresponden a las desarrolladas por Panario et al. (1987, 1988) y Gallardo & Gastó (1987). Este esquema fue actualizado incorporando la experiencia de Bailey (2009), coautor del Ecomap (1993) de los Estados Unidos de Norteamérica. Asimismo, se incluyeron criterios más específicos vinculados a la conservación de la biodiversidad, ajustando la aproximación de Gastó et al. (1993), más centrada en criterios de producción.

A partir de la determinación de **Unidades básicas**, definidas en función de atributos edáficos claves para la vegetación o productividad, con representación a escalas mayores o iguales a 1:50.000, se elaboró un sistema de clasificación jerárquico, exhaustivo, con unidades mutuamente excluyentes y que pueden ser agrupadas en conjuntos anidados más generales, y por tanto de rango jerárquico superior, o sea que los límites de las unidades superiores estén dados por el límite espacial del conjunto de unidades del rango jerárquico inferior. El sistema, contempla 4 escalas espaciales (taxones) a saber:

- (a) **Provincias:** grandes regiones definidas climáticamente, utilizando los índices de Köppen-Geiger (Peel et al. 2007) para su representación a escala 1:10<sup>7</sup>.
- (b) **Eco-zonas:** regiones que se corresponden con las grandes unidades morfo-geoestructurales, desarrolladas a partir de las asociaciones de materiales parentales geológicos. Se realiza una generalización para su representación a escalas menores o iguales a 1:5x10<sup>6</sup>.
- (c) **Distritos:** zonas definidas en base a la energía del relieve (calculada sobre base de curvas de nivel del Servicio Geográfico Militar), a nivel de depresiones, planos, lomadas, colinas, cerros o escarpas para una representación a escalas del orden de 1:5x10<sup>6</sup>.
- (d) **Sitios:** unidades elementales del paisaje, construidas a partir de las *Unidades básicas*, a las cuales se les incorpora como primer variable, la pendiente dominante en cada unidad (calculada sobre base de curvas de nivel del Servicio Geográfico Militar) que diferencia a una misma Unidad básica según la topografía en que se ubique, con representación a escalas mayores o iguales a 1:50.000. A las mismas también se les incluye la información de vegetación potencial relacionada a los atributos físico-químicos.

A esta misma escala, y a partir del cruce de **Unidades básicas** (edáficamente definidas) con la vegetación/uso actual (tipo de vegetación natural y uso del suelo), se generaron **Ambientes**.

### 4.3. METODOLOGÍA

Se generó un sistema de información geográfica (SIG) incorporando información de distintas fuentes. (1) *Información geográfica:* hidrografía, caminería, curvas de nivel (cada diez metros) provenientes de la información de las 302 cartas del Servicio Geográfico Militar y que tiene un origen en papel a escala 1:50.000 o 1:100.000. (2) *Información edáfica:* se extrajo información de varios descriptores edáficos (e.g., profundidad, textura, rocosidad, etc.) de la cartografía de suelos de detalle conocida como CONEAT (1979) y la Carta de Suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000 (Dirección de Suelos y Fertilizantes 1976). (3) *Información geológica:* la Carta Geológica a escala 1:500.000 (Preciozzi et al. 1985). (4) *Información geomorfológica:* Carta Geomorfológica a escala 1:5.000.000 (Panario 1988, Panario & Gutiérrez 1999).

El soporte físico del paisaje fue analizado caracterizando primero sus **Unidades básicas**, para lo cual se utilizó como base la cartografía de CONEAT (1979) en formato shape <sup>1</sup> con la información de suelos y relieve asociada. A esos efectos fue construida una base de datos a partir de sistematizar y complementar la información existente para cada una de las 188 unidades CONEAT (1979), y las 99 unidades de la Clasificación de Suelos del Uruguay (Dirección de Suelos y Fertilizante 1976) con datos de: aptitud de uso, relieve, geología, riesgo de erosión, capacidad de uso, profundidad, textura, drenaje, pH, salinidad, capacidad de intercambio catiónico, saturación en bases, vegetación dominante, etc., y a partir de Sganga (1985) el riesgo de inundación. La información de pendiente para cada unidad, fue incorporada a partir de analizar en cada una de ellas, el relieve dominante usando las curvas de nivel del SGM.

Estas unidades cubren una superficie de 174.446 km<sup>22</sup>, con un promedio de superficie por unidad de 5,19 km<sup>2</sup> (máximo: 1.710,52 km<sup>2</sup> y mínimo: 0,008 km<sup>2</sup>), abarcando 33.608 polígonos para todo el territorio.

#### 4.4. RESULTADOS

En la Tabla 4.1 se sintetizan los principales atributos de las unidades ambientales definidas para Uruguay. A nivel de Provincia, todo el territorio nacional se encuentra incluido dentro de la provincia climática **Cfa** del sistema de clasificación de Köppen-Geiger. Se definieron 66 Unidades básicas, 95 Sitios y 121 Ambientes, insertos en 8 Distritos que a su vez se anidan en 9 Eco-zonas (Tabla 4.1).

**Tabla 4.1.** Síntesis de los principales atributos de las unidades ambientales definidas para Uruguay.

Unidad	Escala	Base de Definición	Criterios de clasificación	Nº de unidades
Provincia	1:10 <sup>7</sup>	Climática	Regiones climáticas Köppen-Geiger	1*
Eco-zonas	1:5x10 <sup>6</sup>	Geomorfológica	Unidades morfogeoestructurales	9
Distritos	1:5x10 <sup>6</sup>	Por Relieve	Pendiente	8
Sitios	1:5x10 <sup>4</sup>	Relieve y Edáfico	Pendiente + Unidad básica	95
Ambientes	1:5x10 <sup>4</sup>	Edáfica y vegetación/ uso actual	Unidad básica + vegetación natural/uso actual del suelo	121
Unidades básicas	1:5x10 <sup>4</sup>	Edáfica	Profundidad, Textura, Drenaje, Hidromorfismo, pH/salinidad, Rocosidad/pedregosidad y variable opcional	66

\* Que abarca a Uruguay, Cfa

1 - Formato de archivos del software ArcView.

2 - La superficie total incluyendo las superficies ocupadas por centros urbanos, lagos y represas es de 176.215 (+/- 64 km<sup>2</sup>), según el Servicio Geográfico Militar ([http://www.geoinstitutos.com/uruguay/inicio\\_uru.asp](http://www.geoinstitutos.com/uruguay/inicio_uru.asp)).

#### 4.4.1. Clasificación de Sitios

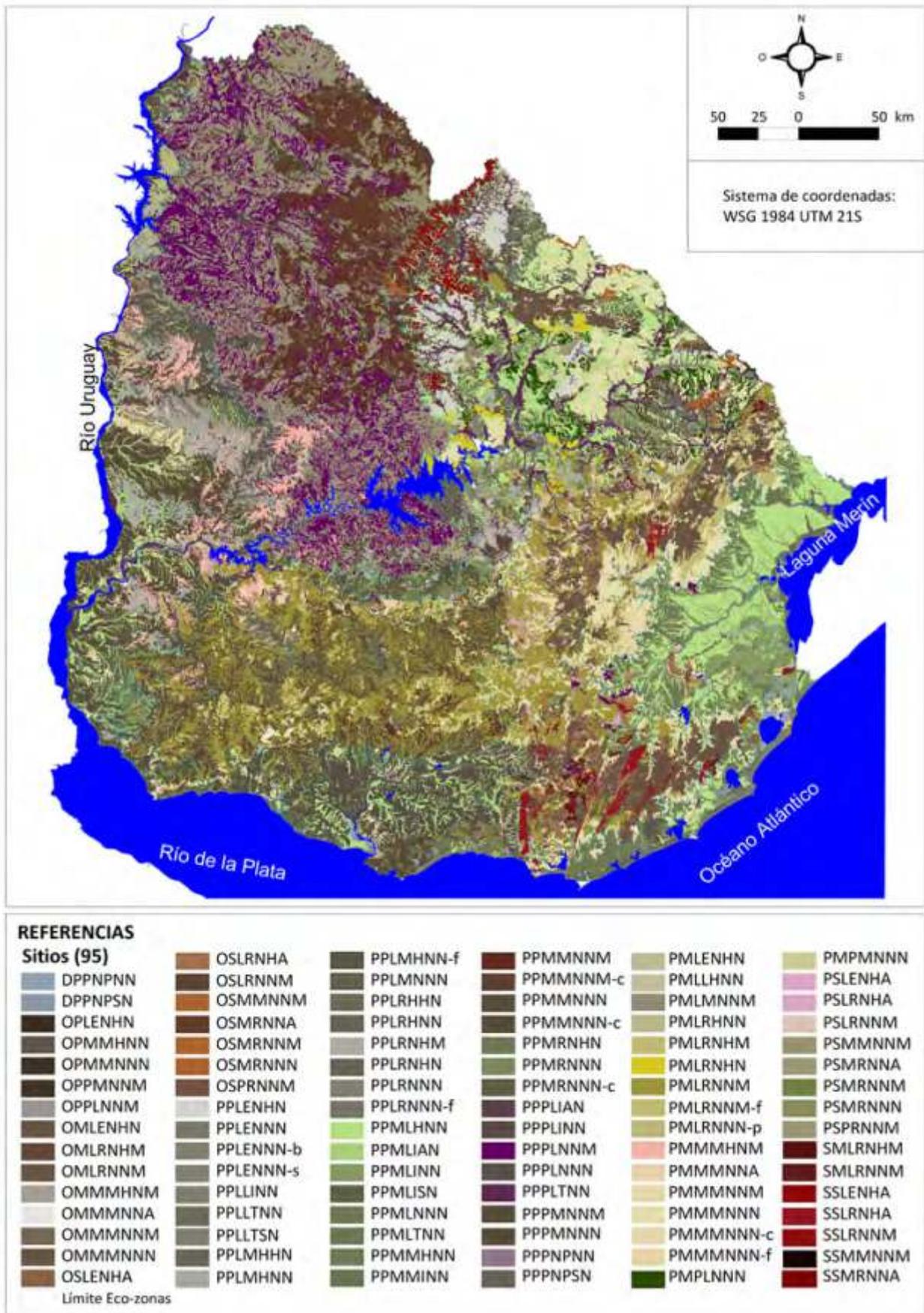
Las Unidades básicas, cuando se trató de áreas con suelo, se denominaron mediante la utilización de un sistema de códigos que los describen en función de las siguientes variables físicas: Profundidad, Textura, Drenaje, Hidromorfismo, pH/salinidad y Rociedad/pedregosidad. Para describir algunos sitios específicos fue necesario incluir una Variable opcional, para captar alguna particularidad ambiental de relevancia para algún componente de la biodiversidad. Esta Variable opcional incluyó los siguientes atributos: Exposición al viento (barlovento, sotavento), Limitante de fertilidad, Presencia de calcio libre (suelos calcimórficos) y Pedregosidad. A su vez, la Pendiente (geoforma, Distritos agrupados) agrupada en cuatro categorías básicas (Fig. 4.2) se incorpora como primera variable para caracterizar los Sitios.

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 4.2. Las Unidades básicas utilizan el siguiente orden 2 a 7 [8].

**Tabla 4.2.** 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, P: Profundo
3.Textura	L:Liviana, M:Media, P:Pesada
4. Drenaje	E:Excesivo, R:Rápido, M:Moderado, L:Lento, 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. Rociedad/ pedregosidad	N:Baja-Nula, M:Media, A:Alta
8. Optativa	b:barlovento, c:calcimórfico, f:fertilidad limitada, p:alta pedregosidad (canto rodado), s:sotavento (sitios arenosos costeros)

La lista de los 95 Sitios identificados se presenta en la Tabla 4.3, y su espacialización en la figura 4.1.



**Figura 4.1.** Distribución espacial de la propuesta de Sitios (95) de Uruguay, definidos físicamente (Pendiente, Profundidad, Textura, Drenaje, Hidromorfismo, pH/salinidad, Rocosidad/pedregosidad y variable opcional).

**Tabla 4.3.** Sitios de Uruguay (95), definidos físicamente (Pendiente, Profundidad, Textura, Drenaje, Hidromorfismo, pH/salinidad, Roccosidad/ pedregosidad y variable opcional), vegetación potencial y área de ocurrencia (ha y %).

Nº	Sitio	Ocurrencia	Vegetación potencial	Área (ha)	%
1	DPPNPNN	58	Ba	54.866	0,3
2	DPPNPSN	38	Ba	14.427	0,1
3	OMLENHN	210	Pr	126.415	0,7
4	OMLRNHM	30	Pr	36.966	0,2
5	OMLRNNM	444	Pa	812.108	4,7
6	OMMMHNM	30	Pr	105.079	0,6
7	OMMMNNA	14	Pa	8.172	0,05
8	OMMMNNM	11	Pr	6.476	0,04
9	OMMMNNN	22	Pr	31.575	0,2
10	OPLENHN	1	Pr	1.890	0,01
11	OPMMHNN	3	Pr	13.469	0,1
12	OPMMNNN	1	Pr	1.247	0,01
13	OPPLNNM	57	Pr	5.694	0,03
14	OPPMNNM	1	Pr	316	0,002
25	OSLENHA	36	Bo	4.696	0,03
16	OSLRNHA	867	Pa-Bo	243.525	1,4
17	OSLRNNM	59	Pr	48.710	0,3
18	OSMMNNM	31	Pr	3.796	0,02
19	OSMRNNA	175	Pr	825.191	4,7
20	OSMRNNM	7	Pr	22.996	0,1
21	OSMRNNN	7	Pr	17.966	0,1
22	OSPRNNM	91	Pr	27.784	0,2
23	PMLNHN	62	Pr	16.441	0,1
24	PMLLHNN	3	Pr	5.873	0,03
25	PMLMNNM	198	Pr	114.371	0,7
26	PMLRHNN	44	Pr	36.056	0,2
27	PMLRNHM	115	Pr	149.193	0,9
28	PMLRNHN	76	Pr	72.246	0,4
29	PMLRNNM	2.066	Pr	1.790.761	10,3
30	PMLRNNM-f	10	Pr	5.968	0,03
31	PMLRNNN-p	110	Pr	56.641	0,3
32	PMMMHNM	880	Pr	327.539	1,9

33	PMMMNNA	136	Pa	31.639	0,2
34	PMMMNNM	540	Pr	468.338	2,7
35	PMMMNNN	1.349	Pr	716.725	4,1
36	PMMMNNN-c	179	Pa	134.055	0,8
37	PMMMNNN-f	64	Ar	23.385	0,1
38	PMPLNNN	238	Pr	124.645	0,7
39	PMPMNNN	37	Pr	28.559	0,2
40	PPLENHN	279	Pr	198.334	1,1
41	PPLENNN	14	Pr	2.724	0,02
42	PPLENNN-b	164	Pr	84.174	0,5
43	PPLENNN-s	206	Pr	38.170	0,2
44	PPLLINN	95	Pa	83.205	0,5
45	PPLLTNN	45	Ba	41.681	0,2
46	PPLTSN	21	Ba	10.822	0,1
47	PPLMHNN	54	Pr	38.480	0,2
48	PPLMHNN	218	Pr	254.980	1,5
49	PPLMHNN-f	10	Ar	6.597	0,04
50	PPLMNNN	324	Pr	200.702	1,2
51	PPLRHHN	410	Pr	196.322	1,1
52	PPLRHNN	23	Pr	43.021	0,2
53	PPLRNHM	64	Pr	77.224	0,4
54	PPLRNHN	9	Pr	5.639	0,03
55	PPLRNNN	15	Pr	16.870	0,1
56	PPLRNNN-f	57	Pr	15.303	0,1
57	PPMLHNN	1.707	Pr	938.655	5,4
58	PPMLIAN	1.672	Pa	708.017	4,1
59	PPMLINN	491	Pl	277.599	1,6
60	PPMLISN	18	Pr	5.152	0,03
61	PPMLNNN	23	Pr	58.330	0,3
62	PPMLTNN	272	Ba	118.693	0,7
63	PPMMHNN	1.017	Pr	622.794	3,5
64	PPMMINN	108	Pa	39.930	0,2
65	PPMMNNM	168	Pr	36.684	0,2
66	PPMMNNM-c	1.557	Pr	351.564	2
67	PPMMNNN	870	Pr	284.588	1,6
68	PPMMNNN-c	581	Pa	504.965	2,9
69	PPMRNHN	26	Pr	13.269	0,1

70	PPMRNNN	224	Pr	179.456	1
71	PPMRNNN-c	27	Pa	76.986	0,4
72	PPPLIAN	95	Pr	10.072	0,1
73	PPPLINN	462	Pa-Ri	409.881	2,3
74	PPPLNNM	3.636	Pr	1.189.700	6,8
75	PPPLNNN	2.261	Pr	957.550	5,5
76	PPPLTNN	408	Ba-Pa-Ri	340.948	2
77	PPPMNNM	78	Pr	82.411	0,5
78	PPPMNNN	292	Pr	211.914	1,2
79	PPPNPNN	51	Ba	31.626	0,2
80	PPPNPSN	1	Ba	27	0,0002
81	PSLENHA	42	Bo	3.135	0,02
82	PSLRNHA	714	Pa-Bo	89.840	0,5
83	PSLRNNM	85	Pr	24.070	0,1
84	PSMMNNM	1.794	Pr	483.730	2,8
85	PSMRNNA	1.875	Pr	683.157	3,9
86	PSMRNNM	132	Pr	46.660	0,3
87	PSMRNNN	7	Pr	3.245	0,02
88	PSPRNNM	2.354	Pr	604.855	3,5
89	SMLRNHM	1	Pr	1.119	0,01
90	SMLRNNM	9	Pa	25.458	0,1
91	SSLENHA	124	Pr	27.835	0,2
92	SSLRNHA	104	Pa-Bo	95.796	0,5
93	SSLRNNM	68	Pr	73.977	0,4
94	SSMMNNM	5	Pr	824	0,005
95	SSMRNNA	1	Pr	42	0,0002

#### 4.4.2. Clasificación de Ambientes

La cobertura de “Unidades básicas” generada fue superpuesta con una cobertura de vegetación determinada a partir de la lista de ambientes, insumo necesario para la modelación de la distribución de las especies. Esta cobertura está conformada por la vegetación (bañados, bosques, bosque/matorral psamófilo, matorrales, montes parques, pradera) y por datos extraídos de una clasificación de imágenes Landsat agrupada en las siguientes categorías: suelo desnudo, cultivos, forestación, agua, urbano y suburbano. Del cruce de Unidades básicas y vegetación uso actual, se generó una lista de 121 ambientes (que no se desarrolla aquí).

#### 4.4.3. Clasificación de Distritos

En función del análisis de las pendientes, siguiendo esencialmente a Teixeira (1980), se identificaron 8 Distritos para el país (Tabla 4.4), los cuales se mapean en la figura 4.2. Los Distritos Plano ondulado suave y Plano ondulado fuerte (pendientes entre  $\geq 2$  y  $<10$ , ocupan más del 50% del territorio nacional.

Tabla 4.4. Caracterización de los Distritos de Uruguay.

Distrito	Rango pendiente	Superficie (ha)	Superficie (%)
Serrano	$\geq 34$ y $< 66\%$	225.051	1,4
Ondulado fuerte	$\geq 18$ y $< 34\%$	1.034.568	5,9
Ondulado suave	$\geq 10$ y $< 18\%$	1.309.503	7,5
Plano ondulado fuerte	$\geq 6$ y $< 10\%$	3.831.903	22,0
Plano ondulado suave	$\geq 2$ y $< 6\%$	5.786.728	33,2
Plano inclinado	$\geq 0.2$ y $< 2\%$	2.213.895	12,7
Plano	$\geq 0.01$ y $< 0.2\%$	2.973.660	17,0
Depresión	$< 0.01\%$	69.293	0,4

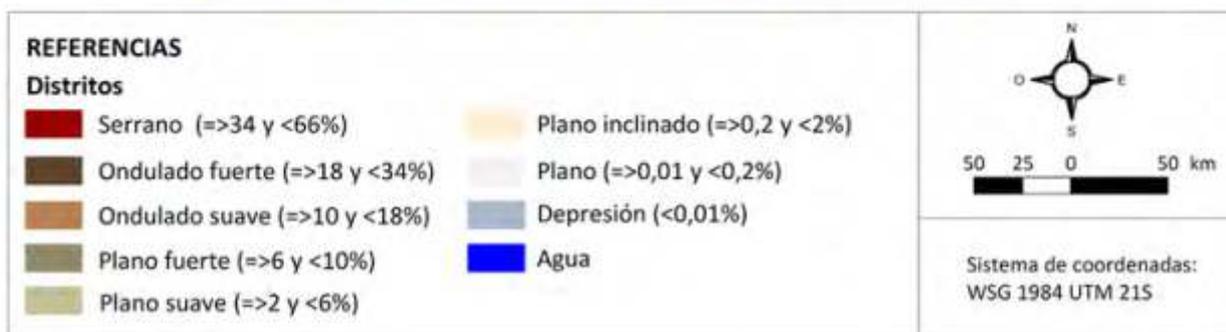
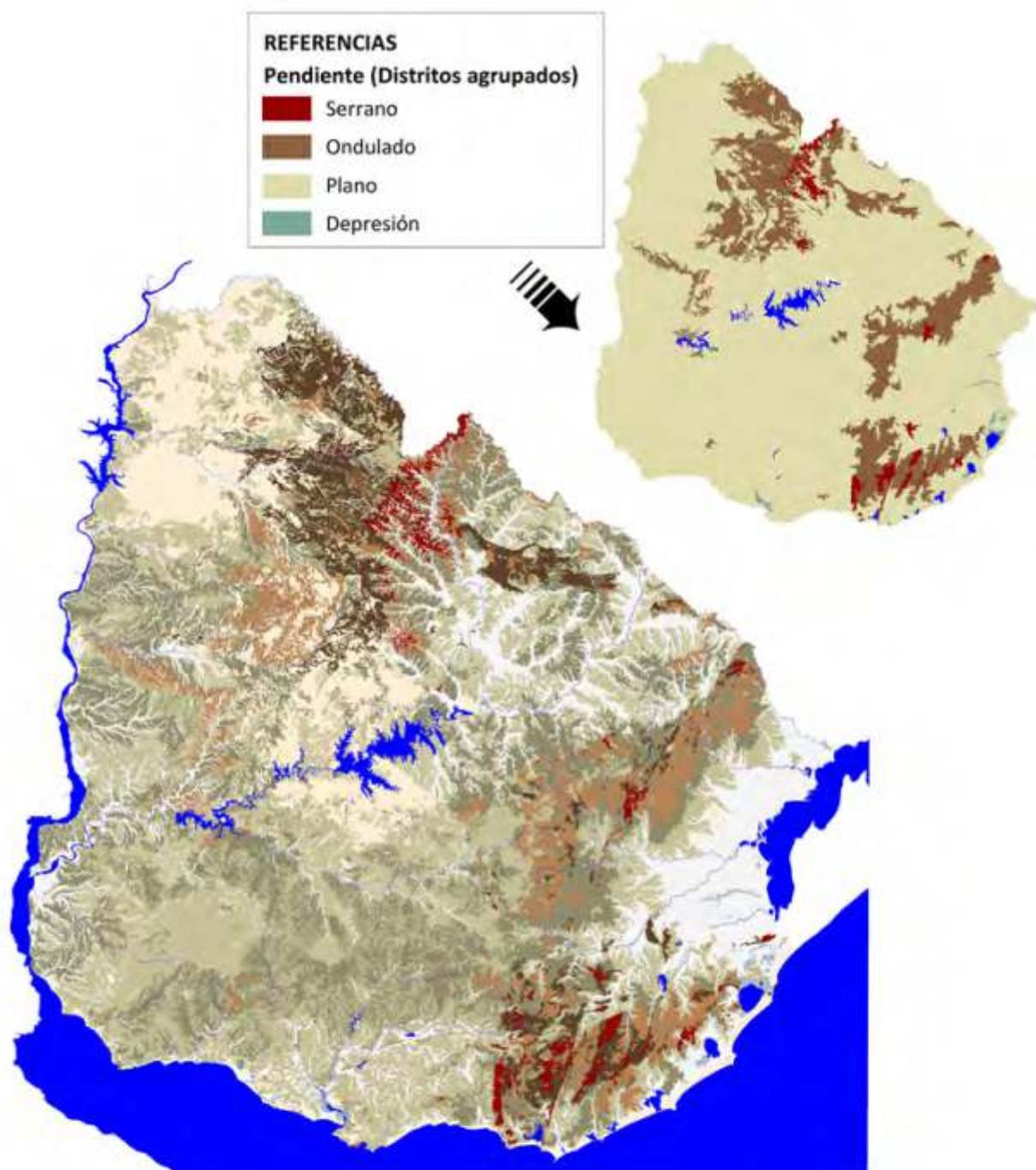


Figura 4.2. Distribución de la propuesta de 8 Distritos para Uruguay. En la parte superior se presentan los Distritos agrupados que se utilizan como primer atributo de la propuesta de Sitios.

#### 4.4.4. Clasificación de Eco-zonas

En función de las grandes unidades morfo-geo-estructurales se distinguieron nueve regiones (Fig. 4.3, Tabla 4.5). La Cuesta Basáltica es la de mayor superficie (24,6%), seguidas por cinco eco-zonas de dimensiones intermedias (9,2-16,9 %): Escudo Cristalino, Cuencas sedimentarias Gondwánica y del Oeste, Graben de la Laguna Merín y Sierras del Este. Las restantes tres unidades, Isla Cristalina de Rivera, Graben de Santa Lucía y Cuenca Sedimentaria del Sur-Oeste, son de menor dimensión geográfica (1-5,3%).

**Tabla 4.5.** Caracterización de las Eco-zonas de Uruguay.

Eco-Zonas	Ocurrencia	Área (ha)	Área (%)
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
<b>TOTAL</b>	<b>33.656</b>	<b>17.450.491 (a)</b>	<b>100</b>

(a) Incluye el área de las zonas urbanas.

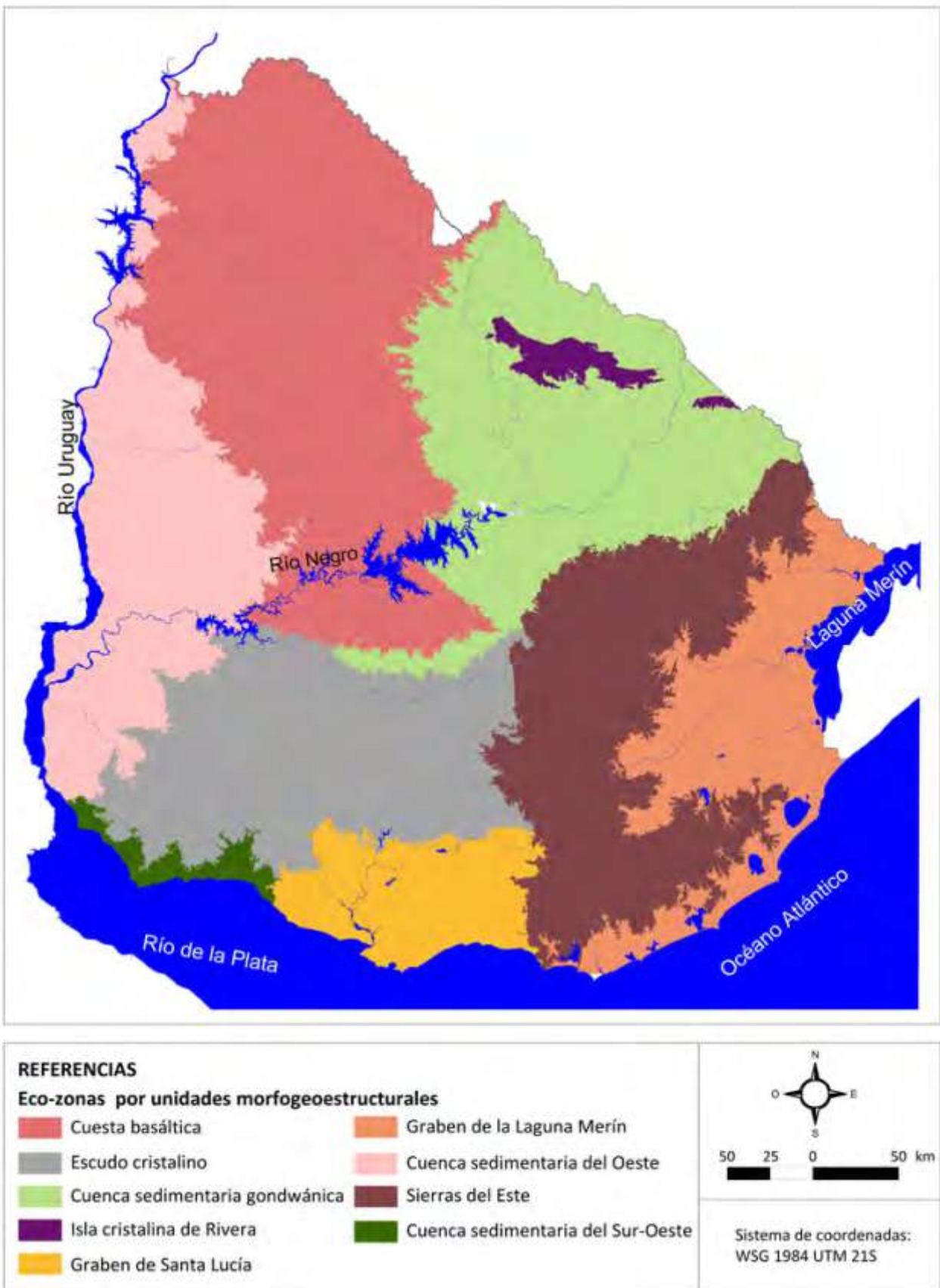
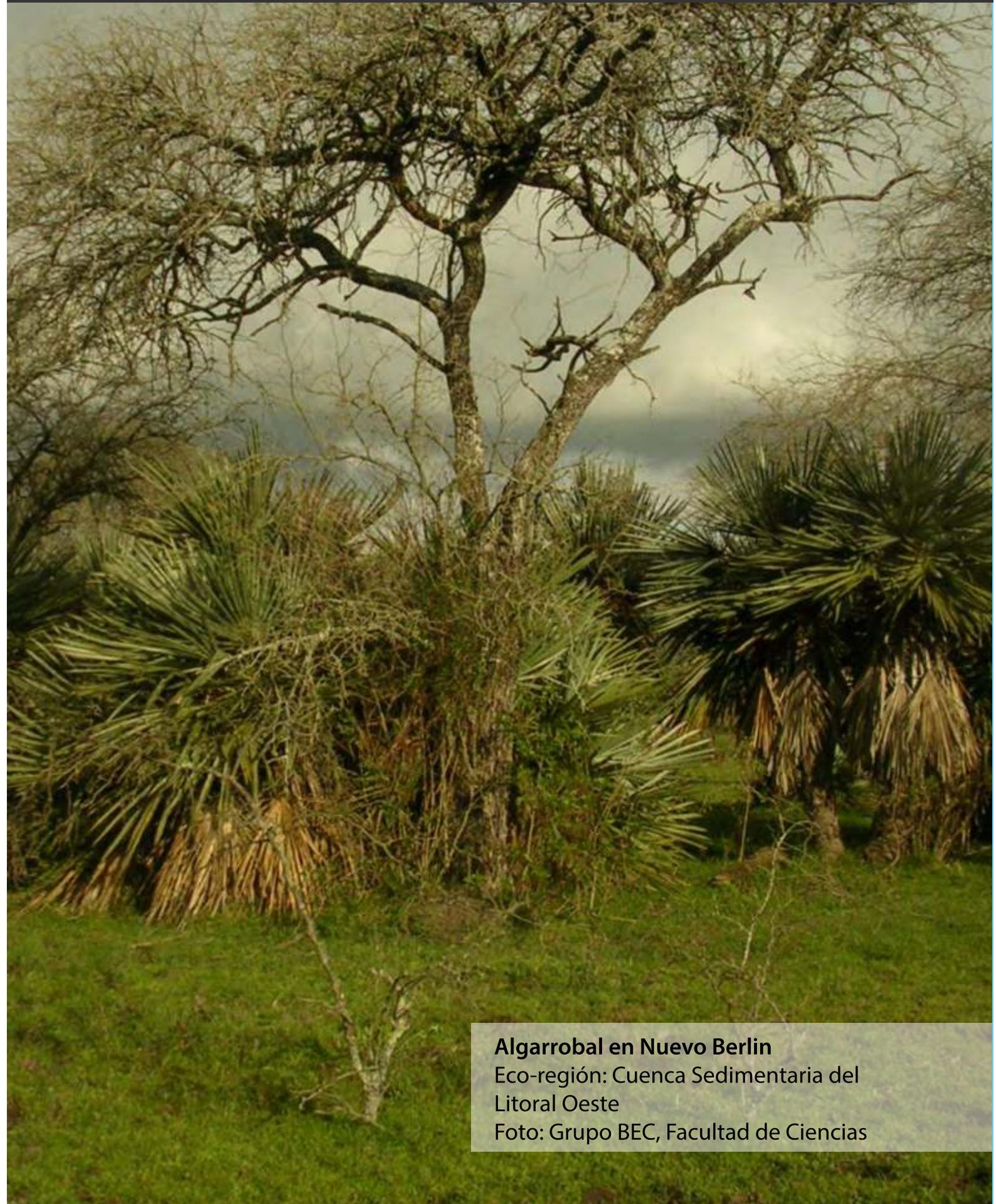


Figura 4.3. Distribución de la propuesta de Eco-zonas para Uruguay.



# IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE ECO-REGIONES DE URUGUAY



**Algarrobal en Nuevo Berlin**

Eco-región: Cuenca Sedimentaria del  
Litoral Oeste

Foto: Grupo BEC, Facultad de Ciencias

# 5

## IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE ECO-REGIONES DE URUGUAY

Alejandro Brazeiro, Daniel Panario, Alvaro Soutullo, Ofelia Gutiérrez, Angel Segura y Patricia Mai

### PRESENTACIÓN

Este capítulo resume los principales resultados del informe técnico elaborado por Brazeiro et al. (2012b). En el marco de la segunda etapa del proceso de planificación eco-regional (Capítulo 2), en este trabajo se presenta una propuesta de eco-regionalización de Uruguay que integra las dimensiones física y biológica.

### 5.1. INTRODUCCIÓN

La identificación de regiones ecológicamente homogéneas dentro de un territorio (i.e., regionalización ecológica) constituye un insumo de gran utilidad para la planificación y gestión ambiental. En una revisión reciente, Leathwick et al. (2003) reportan múltiples aplicaciones de los esquemas de eco-regionalización, tales como en análisis de representatividad, priorización y de vacíos (GAP por su sigla en inglés), en la identificación de áreas homogéneas a las presiones y amenazas que requerirían estrategias de manejo similares, para definir la extensión sobre la cual resultados de estudios locales podrían extrapolarse razonablemente, y en la generación de un marco para la evaluación y monitoreo, así como para el establecimiento de metas ambientales o de conservación. Dentro del enfoque eco-regional de conservación (EERC), la identificación y delimitación de eco-regiones es un objetivo central (Dinerstein et al. 1995, 2000, Capítulo 2).

En Uruguay, existen numerosos antecedentes de regionalización ambiental a escala nacional. Por un lado, se han generado esquemas de regionalización geomorfológicos y edáficos (Panario 1988, Sganga 1994, Achkar et al. 2004), y por otro, propuestas basadas en atributos biológicos, tales como hábitats ornitológicos (Arballo & Cravino 1999), paisajes (Evia & Gudynas 2000) y distribución de vertebrados terrestres (Brazeiro et al. 2008). Sin embargo, no se han generado propuestas que integren la dimensión ambiental (suelos, geomorfología) y biológica (fauna y flora). En tal sentido, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar una propuesta de delimitación de eco-regiones de Uruguay, en base a la integración de variables ambientales y biológicas, como insumo central dentro del proceso de planificación eco-regional de Uruguay.

## 5.2. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA

La elaboración de la presente propuesta de eco-regionalización se sustentó en la integración de un esquema de regionalización edáfico/geomorfológico con esquemas biológicos, definidos en base a la distribución de la fauna y flora. La integración de los diferentes esquemas de regionalización se desarrolló 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.

### 5.2.1. Regionalización física

Se utilizó la propuesta de Eco-zonas de Panario et al. (2011) (Capítulo 4) como esquema de regionalización edáfico/geomorfológico. Las eco-zonas se corresponden con las grandes Unidades Morfogeoestructurales, que fueron definidas por asociaciones de materiales parentales geológicos.

### 5.2.2. Regionalización biótica

La regionalización biótica implicó la determinación de regiones con comunidades biológicas distintivas, denominadas en este trabajo "bio-zonas". Se consideraron seis grupos indicadores de biodiversidad para este análisis, plantas leñosas, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, obteniéndose la información de la Base de datos espaciales de Biodiversidad de Uruguay (Brazeiro et al. 2012a, Capítulo 3). En esta Base, se brinda información sobre la distribución potencial (registrada e inferida) de 1.052 especies en 302 cuadrículas que componen el territorio continental de Uruguay, sustentada en 67.275 registros biológicos analizados por expertos de cada uno de los grupos (Capítulo 3). La regionalización biótica fue desarrollada en dos etapas: (1) regionalización por grupo y (2) regionalización biótica integrada.

#### ***Regionalización por grupo***

Para maximizar las diferencias entre cuadrículas, se eliminaron del análisis las especies presentes en el 100% de las cuadrículas, ya que estas no aportan información. Se calculó la similitud (Índice de Jaccard) biológica entre todos los pares de cuadrículas, generaron matrices de similitud, que posteriormente sustentaron análisis jerárquicos de clasificación basados en el algoritmo de unión UPGMA. La significancia estadística de los grupos generados se evaluó en base a la rutina ANOSIM del Programa PC-ORD. Se evaluó finalmente el valor indicador (IV) de las especies para cada biozona según Dufrêne & Legendre (1997). Las especies con IV significativos (determinado mediante técnicas Monte Carlo) y mayor a 50%, fueron consideradas indicadoras.

### ***Regionalización biótica integrada: biozonas generales***

Para generar una regionalización que integrara de forma equitativa los 6 grupos analizados, 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 media, utilizando como algoritmo de aglomeración el método de Ward (Legendre & Legendre 1998). La significancia estadística de las regiones fue también evaluada mediante un ANOSIM (999 remuestreos).

#### **5.2.3. Integración de regionalización física y biológica**

Como punto de partida deben reconocerse tres debilidades intrínsecas de toda propuesta de regionalización (Bailey 2009). Primero, ningún 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 donde se da un mosaico de hábitat de distinta naturaleza. Tercero, las eco-regiones mantienen algún grado de heterogeneidad interna, presentando parches que difieren del bioma dominante.

La integración de los dos esquemas de regionalización se desarrolló priorizando la propuesta física, debido a 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). El esquema físico fue ajustado en función de las zonas biológicas, procurando que las eco-regiones resultantes, además de mantener una sólida coherencia ambiental, se correlacionaran con las zonas biológicas de la mayor cantidad de grupos taxonómicos posible.

### **5.3. RESULTADOS**

#### **5.3.1. Regionalización física: eco-zonas**

La propuesta de eco-zonas de Panario et al. (2011) distingue nueve regiones (Fig. 4.3, Tabla 4.5, Capítulo 4). La Cuesta Basáltica es la de mayor superficie (24,6%), seguida por cinco eco-zonas de dimensiones intermedias (9,2-16,9 %): Escudo Cristalino, Cuencas sedimentarias Gondwanica y del Oeste, Graben de la Laguna Merín y Sierras del Este. Las restantes tres zonas, Isla Cristalina de Rivera, Graben 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 guardan 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, ver Capítulo 4).

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 (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.

### 5.3.2. Regionalización biótica: biozonas

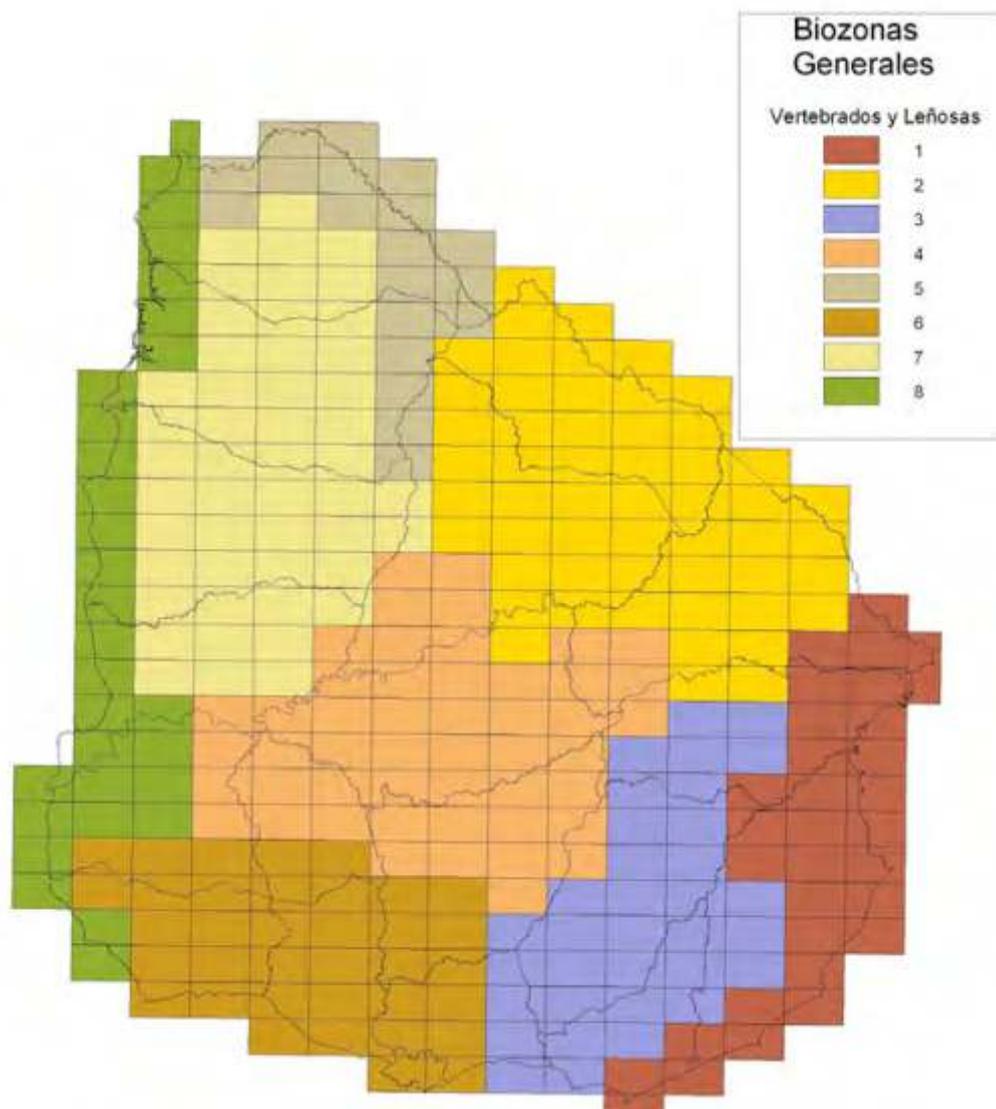
Los análisis de regionalización por grupo permitieron detectar entre 3 y 5 grandes biozonas, y entre 6 y 12 subzonas (Tabla 5.1). La mayoría de las biozonas presentaron especies indicadoras, en números variables dependiendo de los grupos (Tabla 5.1). Los mapas de las biozonas (no presentados aquí por razones de espacio) permiten detectar varias congruencias entre grupos (ver Brazeiro et al. 2012b). La mayoría de los grupos marcan claramente la biozona del Litoral oeste, varios las regiones Este y Centro, y algunos la cuenca de la Laguna Merín y las Sierras del Este. Por lo tanto, resulta razonable que el análisis de integración haya detectado básicamente las mismas biozonas.

**Tabla 5.1.** Biozonas y subzonas identificadas en bases a la distribución de leñosas y vertebrados de Uruguay. Se presenta el nombre de las biozonas y entre paréntesis el número de especies indicadoras en cada caso.

	Leñosas	Peces	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos
<b>Nº de Biozonas</b>	3	4	4	5	5	5
<b>Nº de Subzonas</b>	6	11	8	10	12	8
<b>Biozonas (#especies indicadoras)</b>	Centro (0) Este (7) Litoral Oeste (46)	Costa Atlántica (16) Río Negro (9) Río de la Plata (1) Río Uruguay (35)	Centro Norte (0) Litoral Oeste (3) Noreste (0) Sur (3)	Centro Norte (1) Laguna Merín y CA*(1) Litoral Oeste-S(0) Litoral Oeste-N (4) Sierras del Este (4)	Centro Sur (0) Laguna Merín y CAP* (23) Litoral Oeste (13) Norte (4) S. del Este y Centro (3)	Centro Oeste (0) Costa Platense (3) Este (1) Litoral Noroeste (5) Sur Este (2)

\*CA: Costa Atlántica, CAP: Costa Atlántica y Platense

La integración de los 6 grupos generó un esquema de bio-zonificación con 8 biozonas: (1) Costa Atlántica y Cuenca de la Laguna Merín, (2) Este, (3) Sierras del Este, (4) Centro, (5) Noreste, (6) Suroeste, (7) Centro Norte y (8) Litoral Oeste (Fig. 5.1).



**Figura 5.1.** Biozonas generales para la fauna (vertebrados) y flora (leñosa) de Uruguay.

### 5.3.3. Eco-regionalización: integración de propuestas física y biótica

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 Merín, 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 Fig. 4.3 y Fig. 5.1). Por tal motivo, se decidió no considerarlas como eco-regiones, sino que contemplarlas como sub-regiones insertas en eco-regiones mayores. Es decir, la

Isla Cristalina de Rivera quedó incluida dentro de la Cuenca sedimentaria Gondwánica, y la Cuenca Sedimentaria del Suroeste dentro del 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 primer región en la segunda, para dar cuenta de la distribución de reptiles y mamíferos serranos.

Finalmente se propone un esquema de regionalización que delimita 7 grandes eco-regiones, que dan cuenta de la variabilidad geomorfológica y biótica de Uruguay (Fig. 5.2). 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) Graben de la Laguna Merín, (6) Graben del Santa Lucía y (7) Sierras del Este. Los principales rasgos geomorfológicos y ambientales de estas eco-regiones se presentan en la Tabla 5.2.

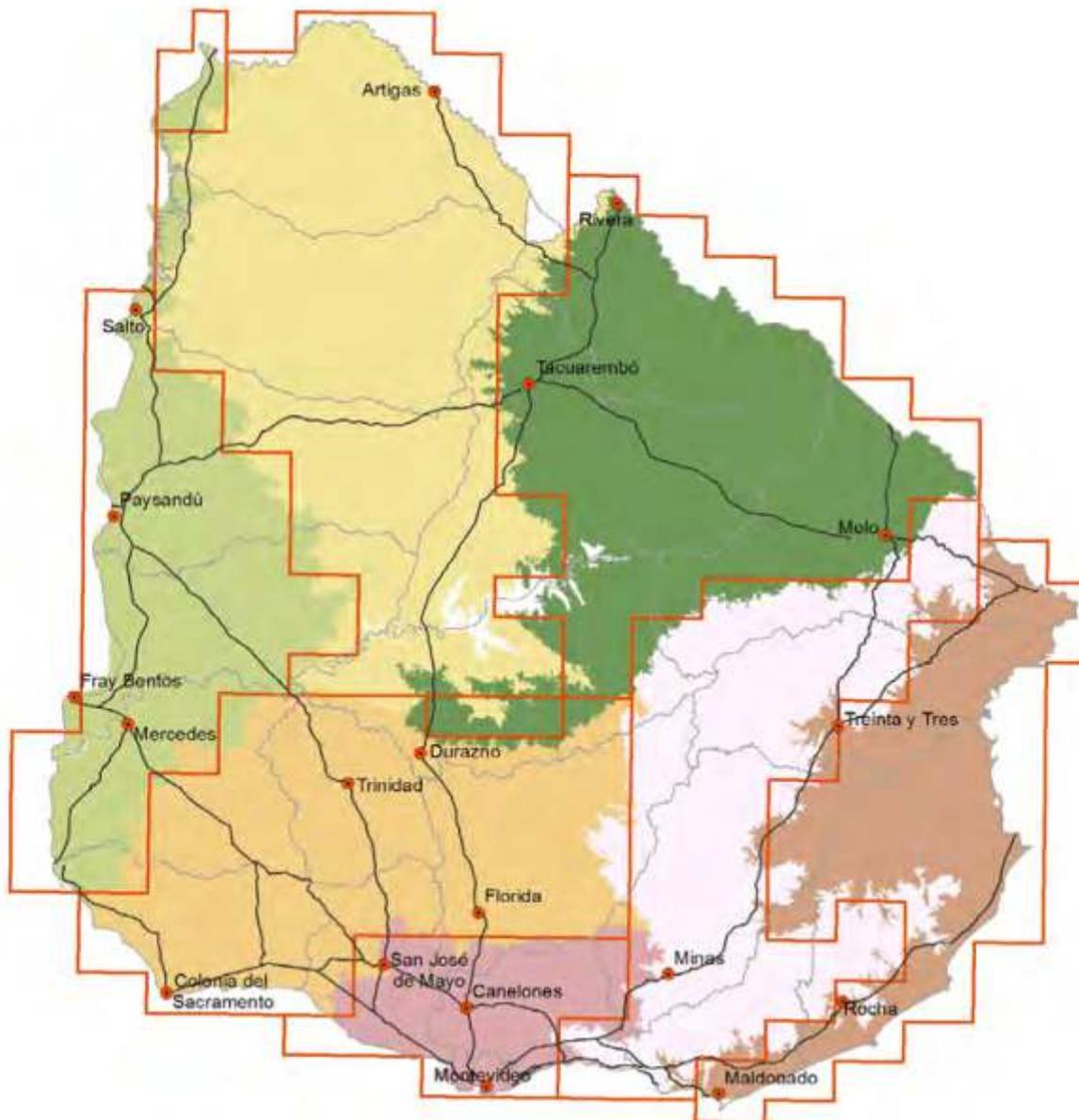


Figura 5.2. Delimitación de las eco-regiones de Uruguay.

**Tabla 5.2.** Principales rasgos geomorfológicos y ambientales de las eco-regiones de Uruguay.

<b>Eco-región</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Rango altitudinal (m)</b>	<b>Formaciones geológicas y rocas dominantes</b>	<b>Geoformas dominantes</b>
<b>Cuenca Sedimentaria del Oeste</b>	2.186.237	5-160	Fray Bentos Cretáceo Libertad	Lomadas Colinas Lomadas suaves
<b>Cuenca Sedimentaria Gondwánica</b>	3.253.762	90-380	Areniscas gondwánicas	Lomadas
<b>Cuesta Basáltica</b>	4.174.599	20-400	Basaltos (Arapey)	Lomadas Planos Colinas
<b>Escudo Cristalino</b>	2.743.061	0-190	Granitos y granitoides Libertad	Colinas y lomadas Lomadas suaves
<b>Graben de la Laguna Merín</b>	1.648.444	0-40	Pleistoceno Holoceno	Planos y depresiones Planos y depresiones
<b>Graben del Santa Lucía</b>	861.952	0-120	Libertad	Lomadas suaves
<b>Sierras del Este</b>	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

	<b>Suelos dominantes</b>	<b>Profundidad media de suelo</b>	<b>Usos de suelo dominantes</b>	<b>Observaciones</b>
	Brunosoles eútricos	Profundos	Agrícola	Suelos con pedregosidad en el perfil.
	Brunosoles subeútricos	Profundos	Pastoril forestal	
	Brunosoles eútricos	Profundos	Agrícola	
	Acrisoles luvisoles	Profundos	Forestal pastoril	Gran diversidad de suelos, incluye Isla Cristalina de Rivera con suelos similares a Sierras del Este. Expansión agrícola reciente.
	Brunosoles eútricos	Profundos	Pastoril	En suelos profundos la agricultura se viene incrementando rápidamente.
	Vertisoles	Profundos	Pastoril	
	Litsoles	Superficiales	Pastoril	
	Brunosoles subeútricos	Moderadamente profundos	Pastoril	Valles ocasionalmente escarpados, rocosos.
	Brunosoles eútricos y vertisoles		Agrícola	Ocupa interfluvios amplios.
	Planosoles, argisoles, gleysoles	Profundos	Pastoril-agrícola	Incluye lomadas de uso agrícola.
	Histosoles			
	Brunosoles eútricos vertisoles	Profundos	Agrícola	Suelos mayoritariamente degradados por agricultura.
	Brunosoles subeútricos-distrícos y litsoles	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.

### 5.3.4. Caracterización biológica de las eco-regiones de Uruguay

La biodiversidad de las eco-regiones se caracterizó en función de la riqueza de especies, especies endémicas, casi endémicas e indicadoras. Las Especie Endémica (End) son aquellas especie exclusiva de la eco-región (i.e., distribución 100% en la eco-región), las Especie Casi Endémica (CEnd) son aquellas 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, y las Especies Indicadoras (Ind) son aquellas cuyo valor indicador es significativamente ( $p < 0.05$ ) mayor al esperado por azar, calculado según el método de Dufrêne & Legendre (1997).

#### Cuenca sedimentaria del Oeste

La Cuenca sedimentaria del Oeste presenta una elevada riqueza de especies (804 especies) (Tabla 5.3), destacándose particularmente la diversidad de peces. Seguramente la presencia de grandes ríos, como el Uruguay y Río Negro, expliquen este patrón. Se destacó por presentar la mayor riqueza de especies indicadoras, endémicas y casi endémicas, lo que valida fuertemente la 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 5.3.** Diversidad de la eco-región Cuenca sedimentaria del Oeste.

GRUPO	Riqueza Total	Casi endémicas	Endémicas	Indicadoras
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

#### Cuenca Sedimentaria Gondwánica

La Cuenca Sedimentaria Gondwánica presentó la segunda mayor riqueza total del país (854 especies), con valores destacados de riqueza en todos los grupos (Tabla 5.4). 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 terrestres identificada por Brazeiro et al. (2008) y con el núcleo norte de la flora oriental de leñosas de Grela (2004).

**Tabla 5.4.** Diversidad de la eco-región Cuenca Sedimentaria Gondwánica.

GRUPO	Riqueza Total	Casi endémicas	Endémicas	Indicadoras
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
<b>TOTAL</b>	<b>854</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>113</b>

### Cuesta Basáltica

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

**Tabla 5.5.** Diversidad de la eco-región Cuesta Basáltica.

GRUPO	Riqueza Total	Casi endémicas	Endémicas	Indicadoras
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
<b>TOTAL</b>	<b>911</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>50</b>

### Escudo Cristalino

El Escudo Cristalino presentó un nivel de riqueza intermedio (727 especies) (Tabla 5.6), con valores considerables de peces, anfibios, aves y mamíferos. Esta eco-región no presentó especies endémicas ni casi endémicas, pero sí un considerable número de aves indicadoras. Esta eco-región coincide fuertemente con la bio-zona suroeste de vertebrados terrestres identificada por Brazeiro et al. (2008).

**Tabla 5.6.** Diversidad de la eco-región Escudo Cristalino.

GRUPO	Riqueza Total	Casi endémicas	Endémicas	Indicadoras
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
<b>TOTAL</b>	<b>727</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>28</b>

### Graben de la Laguna Merín

El Graben de la Laguna Merín presentó un nivel de riqueza intermedio (724 especies) (Tabla 5.7), con valores considerables de anfibios, reptiles, mamíferos y leñosas, y muy alta diversidad de aves. Este grupo presentó escasas especies endémicas/casi endémicas, pero si un alto número de especies indicadoras, especialmente de vertebrados. Cabe destacar que presentó la mayor riqueza eco-regional de aves indicadoras (49 especies). La delimitación de esta eco-región coincidió en parte con la subzona costera (1A) de la bio-zona SurSureste de vertebrados terrestre, identificada por Brazeiro et al. (2008).

**Tabla 5.7.** Diversidad de la eco-región Graben de la Laguna Merín.

GRUPO	Riqueza Total	Casi endémicas	Endémicas	Indicadoras
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
<b>TOTAL</b>	<b>724</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>125</b>

## Graben del Santa Lucía

El Graben del Santa Lucía presentó un nivel de riqueza comparativamente bajo (551 especies) (Tabla 5.8) 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.

**Tabla 5.8.** Diversidad de la eco-región Graben del Santa Lucía.

GRUPO	Riqueza Total	Casi endémicas	Endémicas	Indicadoras
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

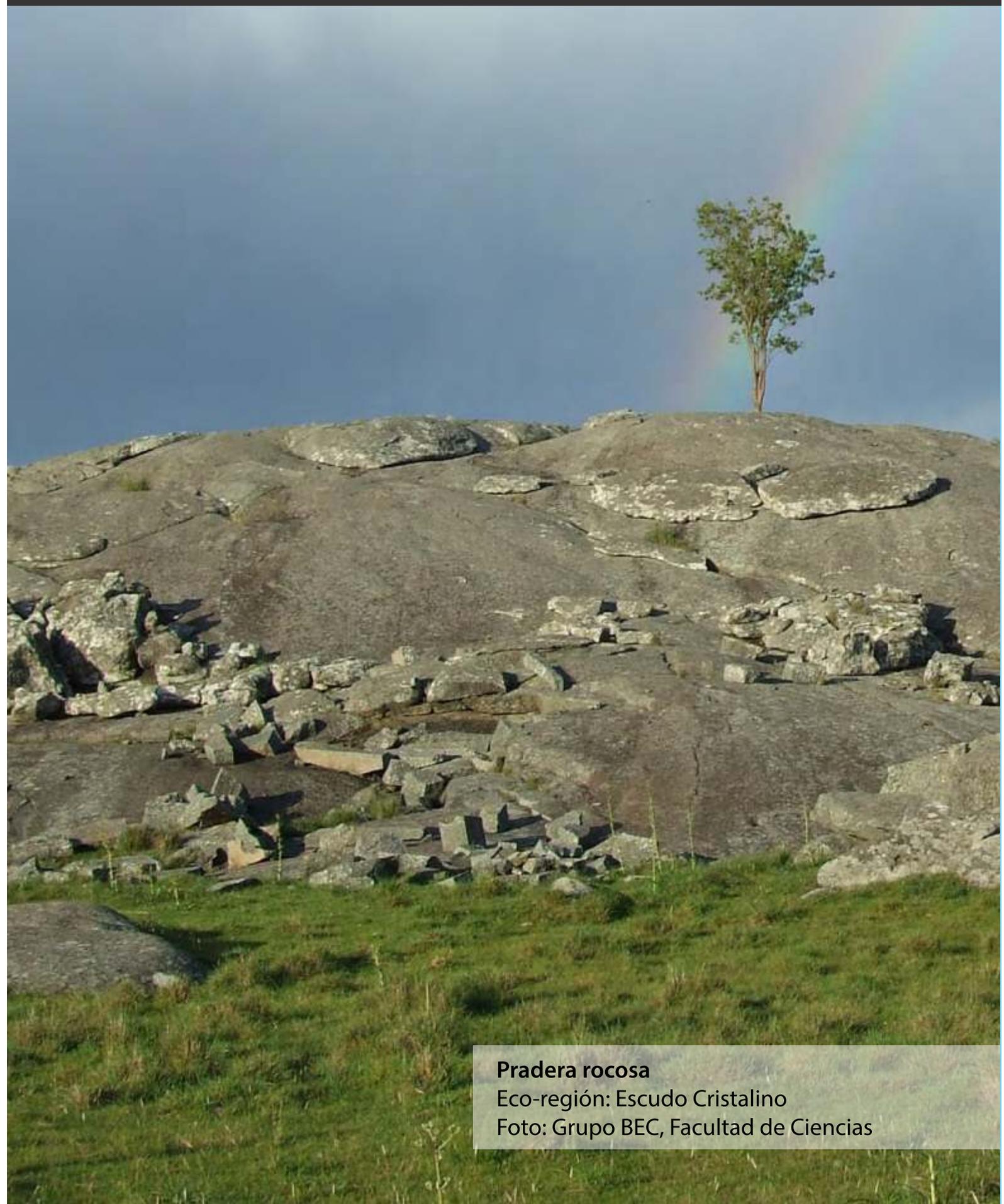
## Sierras del Este

La eco-región Sierra del Este presentó un nivel de riqueza intermedio (744 especies) (Tabla 5.9), con valores considerables de peces, anfibios, reptiles, mamíferos y leñosas. Esta región presentó escasas especies endémicas/casi endémicas, pero si un considerable número de especies indicadoras, especialmente de leñosas y reptiles. La delimitación de esta eco-región coincidió 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 5.9.** Diversidad de la eco-región Sierras del Este.

GRUPO	Riqueza Total	Casi endémicas	Endémicas	Indicadoras
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

# IDENTIFICACIÓN DE PRIORIDADES DE CONSERVACIÓN DENTRO DE LAS ECO-REGIONES DE URUGUAY



**Pradera rocosa**

Eco-región: Escudo Cristalino

Foto: Grupo BEC, Facultad de Ciencias

# 6

## IDENTIFICACIÓN DE PRIORIDADES DE CONSERVACIÓN DENTRO DE LAS ECO-REGIONES DE URUGUAY

Alejandro Brazeiro, Alvaro Soutullo y Lucía Bartesaghi

### PRESENTACIÓN

Este capítulo resume los principales resultados del informe técnico elaborado por Brazeiro et al. (2012c). En el marco de la quinta etapa del proceso de planificación eco-regional (Capítulo 2), en este trabajo se identifican los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos, dentro de las eco-regiones de Uruguay.

### 6.1. INTRODUCCIÓN

La teoría para la identificación de sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad ha evolucionado fuertemente en las últimas décadas. La conservación oportunística, basada en la selección descontextualizada sitio a sitio, ha sido reemplazada por nuevas aproximaciones sustentadas en un desarrollado marco conceptual, que en términos genéricos es denominado en la actualidad como Planificación Sistemática para la Conservación (Margules & Pressey 2000, Margules & Sarkar 2007, 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. 1995, 2000, Capítulo 2). Recientemente se ha desarrollado una propuesta de eco-regionalización de Uruguay, que en base al análisis geofísico (geoformas y suelos, Panario et al. 2010, Capítulo 4) y biótico (vertebrados y leñosas, Brazeiro et al. 2010, 2012a, Capítulo 3), identificó 7 grandes eco-regiones (Brazeiro et

al. 2012b, Capítulo 5). Estas eco-regiones, en tanto constituyen entidades naturales, ambientalmente homogéneas y caracterizadas por albergar biotas distintivas, son unidades apropiadas para la planificación y gestión territorial de la biodiversidad del país.

La planificación estratégica de cada eco-región debería comenzar con la identificación de aquellos sitios de mayor valor y vulnerabilidad, a los efectos de priorizar la asignación de recursos hacia su conservación. En este trabajo, se pretende avanzar en este sentido, desarrollando una propuesta de priorización eco-regional basada en la diversidad de especies, ambientes amenazados y servicios ecosistémicos.

## 6.2. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA

Un análisis de priorización geográfica debe sustentarse en la definición clara de objetivos de conservación, ya que el valor (o prioridad) de cada porción del territorio debe juzgarse en términos de su contribución al logro de los objetivos propuestos (Margules & Pressey 2000, Pressey et al. 2003). En cuanto a los objetivos nacionales vinculados a la conservación de la biodiversidad, deben tenerse en cuenta dos importantes antecedentes, la Estrategia Nacional de Biodiversidad (DINAMA 1999), que responde a un compromiso asumidos por el país antes la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB) (Ratificada en Uruguay por Ley N° 16.408) y la Ley N° 17.234/2000, de creación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. El documento de la Estrategia Nacional plantea que su objetivo global es “conservar la diversidad de **ecosistemas, especies y recursos genéticos** y mantener los **procesos y sistemas ecológicos**, considerando la estrecha relación existente entre diversidad biológica y los factores biofísicos y socio-económicos que determinan los usos humanos del territorio”. Por su parte, la Ley N° 17.234 establece objetivos de conservación más específicos, acotados al SNAP, pero igualmente de gran relevancia dentro de la política pública ligada al tema. En particular, esta Ley establece como objetivo proteger un conjunto de áreas naturales del territorio nacional, **representativas** de los ecosistemas del país, que por **valores ambientales, históricos o paisajísticos singulares** merezcan ser preservados como patrimonio de la nación.

De estos antecedentes se deducen los siguientes objetivos nacionales vinculados a la conservación de la biodiversidad: (1) conservar una muestra representativa de la diversidad de especies y ecosistemas; (2) conservar los procesos ecológicos considerando la estrecha relación con los factores socio-económicos que determinan los usos humanos del territorio; y (3) conservar los ecosistemas de valor ecológico singular. Si bien éstos no agotan los objetivos nacionales según los documentos analizados, constituyen sin lugar a dudas el núcleo principal de los objetivos nacionales en el área de la conservación. A la luz de estos grandes objetivos, la aproximación metodológica de este trabajo se basó en la aplicación de los principios de representatividad y complementariedad sobre la riqueza de especies, ecosistemas amenazados y servicios ecosistémicos, para la identificación de sitios de destacado valor ecológico en los que priorizar las iniciativas de conservación.

## Complementariedad y Representatividad

Dado que las eco-regiones son en gran medida complementarias en términos de biodiversidad, tanto a nivel de ambientes como de especies (Capítulo 5), seleccionando los sitios prioritarios dentro de cada una de ellas se abarcaría una muestra representativa de la biodiversidad nacional. Por tanto, el siguiente paso lógico dentro de la estrategia es la identificación de prioridades dentro de cada eco-región. La priorización se realizó considerando tres criterios básicos:

(1) *Riqueza de especies*: La riqueza de especies (i.e., número de especies de un territorio dado) es un criterio clásico en estudios de priorización, ampliamente usado a nivel global (Myers et al. 2000) y regional (e.g., Ceballos et al. 1998, Diniz-Filho et al. 2004, Brazeiro et al. 2008). Lógicamente, el impacto en conservación por recurso invertido es máximo al invertir en el sitio más rico en especies. Al considerar a la riqueza total como criterio, se le está asignando implícitamente el mismo valor a cada especie. Por tanto, este criterio suele ser complementado con la inclusión de otros que atiendan separadamente a las especies destacadas, ya sea por su vulnerabilidad a la extinción (especies amenazadas) y/o por su relevancia funcional (e.g., especies focales). En Uruguay, se ha observado que la distribución del número de vertebrados terrestres amenazados se correlaciona positivamente con la riqueza total de especies de estos grupos (Brazeiro et al. 2008). Así, los sitios más ricos tienden además a tener la mayor cantidad de especies amenazadas. Por tanto, el criterio “riqueza de especies” incluiría en cierto grado al de especies amenazadas en el caso de Uruguay. Para evitar esta redundancia, no se consideró el criterio de “especies amenazadas”.

(2) *Ecosistemas amenazados*: Los ecosistemas o hábitats, son un importante y clásico objetivo de conservación (Noss 1996). De hecho, los ecosistemas podrían ser más representativos del grado de amenaza a la diversidad biológica en general (Cowling et al. 2004), que las especies individuales. Especialmente considerando el sesgo taxonómico de la Lista Roja de especies de UICN (Stuart et al. 2010).

(3) *Servicios ecosistémicos*: Desde la publicación de la Evaluación Ecosistémica del Milenio (MEA 2003), el concepto de servicio ecosistémico ha cobrado cada vez mayor relevancia como objetivo y criterio de conservación. Asegurar la provisión de servicios ecosistémicos a la sociedad es uno de los principales objetivos de las iniciativas actuales de conservación. En este marco, los servicios ecosistémicos suelen ser cuantificados y evaluados a través de diferentes aproximaciones, que van desde la valorización económica y biofísica, a la evaluación en términos de su contribución al bienestar social (determinantes y constituyentes del bienestar social: seguridad, disponibilidad de materiales básicos para una buena vida, salud, buenas relaciones sociales, libertad y oportunidad). En este trabajo, el criterio “provisión de servicios ecosistémicos” se incorpora al análisis de priorización, utilizando los resultados reportados por Soutullo et al. (2012).

## 6.3 METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN

Los criterios de priorización seleccionados fueron analizados espacialmente, empleando como unidad de análisis (o sitio) los ambientes/ecosistemas definidos en Brazeiro et al. (2012b). Los criterios fueron evaluados en forma binaria, asignándose el valor "1" si se cumple satisfactoriamente o "0" si no se satisface, según se especifica a continuación:

*Riqueza de especies:* Como grupos indicadores de la riqueza de especies, se consideraron a los vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) y leñosas. Se utilizó la información digital y mapas de distribución potencial de las especies desarrollados por Brazeiro et al. (2012b, Capítulo 3). A los efectos de seleccionar los ecosistemas más destacados se seleccionaron aquellos cuya riqueza para alguno de los grupos indicadores por eco-región, superó el valor de riqueza correspondiente al percentil 90%.

*Ecosistemas amenazados:* Los ecosistemas amenazados se definieron en función de la propuesta de Rodríguez et al. (2011). En particular, se usó el criterio C2 del mencionado trabajo, que evalúa el grado de amenaza a partir de la superficie actual ocupada por cada ecosistema. Siguiendo este criterio, se consideraron como amenazados todos aquellos ecosistemas naturales con una superficie inferior a 200.000 ha. En base a esta metodología, surgen como amenazados 91 ecosistemas: 53 praderas, 13 bosques, 11 sabanas (bosques parque), 8 humedales y 6 arbustales. La lista completa de ecosistemas amenazados se presenta en Brazeiro et al. (2012b).

*Servicios ecosistémicos:* Se usó el mapeo de servicios ecosistémicos de Soutullo et al. (2012). Este estudio evaluó en términos relativos (Rango: 0-1), y a través de la opinión de expertos, la capacidad de los diferentes ecosistemas (nativos y antrópicos) del país en la generación de servicios ecosistémicos. Se evaluaron 9 tipos de servicios, de provisión (alimentos, de agua, materiales de construcción y fibras, combustibles y recursos genéticos) y de regulación (clima habitable, agua de buena calidad, amortiguación de eventos extremos, disminución de enfermedades y pestes). Finalmente, se calculó la contribución promedio de cada ecosistema a la generación de estos 9 servicios y fueron seleccionados aquellos cuya media superó el valor de 0,75.

Por último, se realizó la superposición de los mapas digitales generados en base a los 3 criterios y se calculó la suma por ecosistema. De esta forma se obtuvo un gradiente de 0 a 3, donde 0 representa la ausencia de criterios de priorización y el 3 la asignación de los 3 criterios a dicho ecosistema. Se definieron 3 niveles de prioridad: (1) **Máxima prioridad**, para los ecosistemas donde coincidieron los 3 criterios, (2) **Alta prioridad**, para los ecosistemas donde coincidieron 2 criterios y (3) **Prioridad**, para los ecosistemas donde se registró al menos un criterio. En este análisis se enfatizaron los sitios de máxima y alta prioridad.

## 6.4. RESULTADOS

El análisis de priorización desarrollado en este trabajo, basado en los criterios de alta diversidad de especies, presencia de ecosistemas amenazados y alta relevancia en la provisión de servicios ecosistémicos, permitió identificar con alta resolución espacial, ecosistemas de máxima y alta prioridad por eco-región, abarcando en total un 12,2 % (2.148.135 ha) del territorio nacional (Tabla 6.1, Fig. 6.1).

**Tabla 6.1.** Superficies clasificadas como de máxima y alta prioridad por eco-región.

Eco-región	Superficie total (ha)	Superficie de máxima y alta prioridad (ha)	Superficie de máxima y alta prioridad (%)
Cuesta Basáltica	4.378.749	233.795	5,3
Cuenca Sedimentaria Gondwánica	3.107.084	435.434	14
Cuenca Sedimentaria del Oeste	2.088.840	405.304	19,4
Escudo Cristalino	2.851.087	300.638	10,5
Graben de la Laguna Merín	1.749.120	339.983	19,4
Sierras del Este	2.627.353	296.166	11,3
Graben del Santa Lucía	786.287	119.916	15,3
<b>TOTAL</b>	<b>17.588.521</b>	<b>2.148.135</b>	<b>12,2</b>

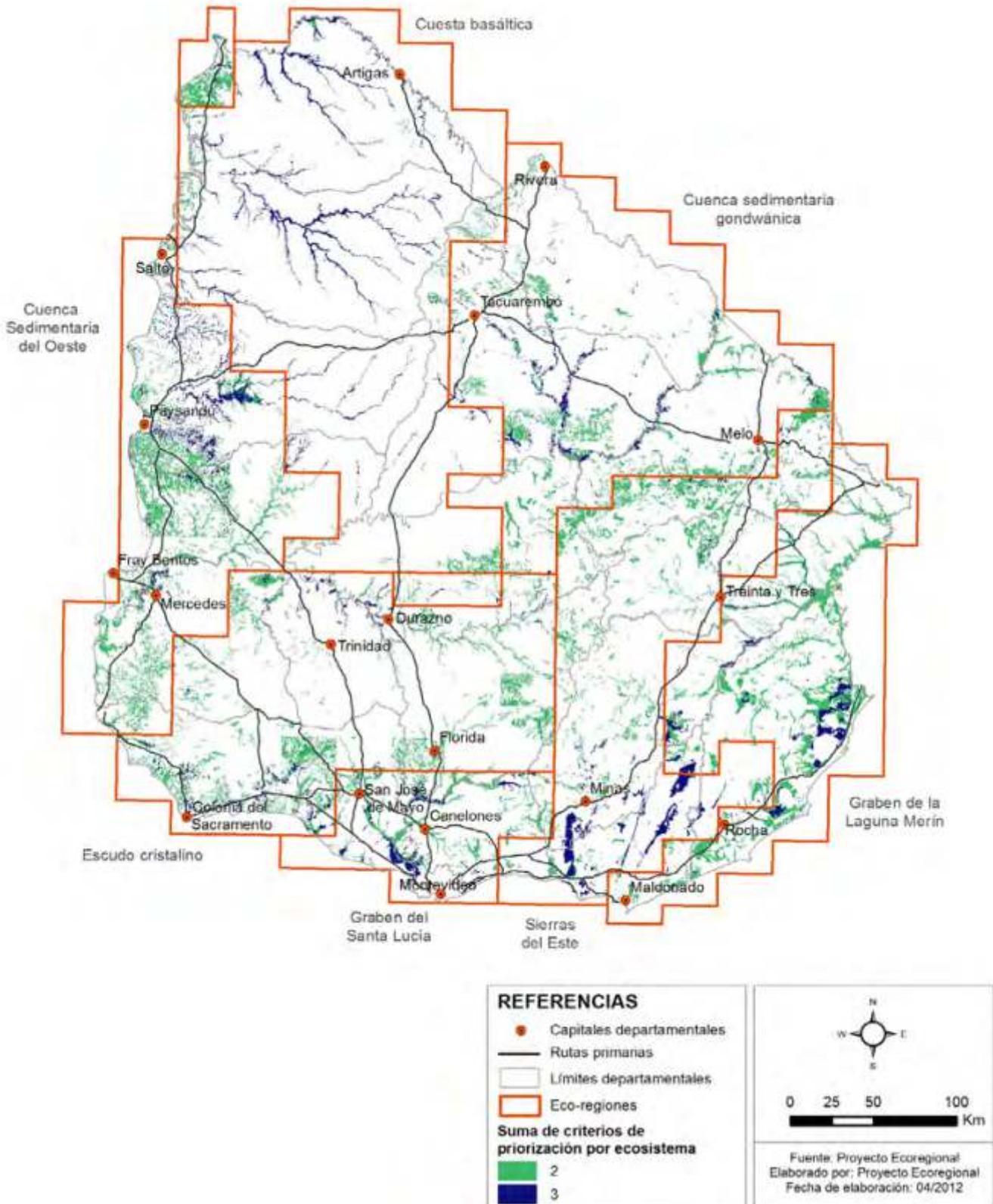


Figura 6.1. Propuesta de identificación de ecosistemas prioritarios para la conservación de la biodiversidad dentro de Uruguay. Se presentan los sitios de máxima (azul) y alta (verde) prioridad identificados.

### 6.4.1. Prioridades por eco-región

A continuación se detallan los principales sitios de máxima y alta prioridad por eco-región.

#### Cuenca Sedimentaria del Oeste

Un 19,4% (405.304 ha) de la eco-región fue identificado como de máxima y alta prioridad (2 y 3 criterios) (Fig. 6.1). Se destacaron particularmente las siguientes zonas:

- Bosques fluviales del Río Uruguay
- Bosques del Río Uruguay y sistemas asociados en Bella Unión
- Bosques y sistemas asociados del Río Dayman
- Bosques y sistemas asociados del Río Queguay
- Praderas y bosques abiertos de Paysandú
- Bosques y sistemas asociados del Río Negro
- Humedales de Villa Soriano y sistemas asociados

#### Cuenca Sedimentaria Gondwánica

Un 14,0% (435.434 ha) de la eco-región fue identificado como de máxima y alta prioridad (2 y 3 criterios) (Fig. 6.1). Se destacaron cuatro zonas de máxima y alta prioridad:

- Bosque fluvial y ecosistemas asociados del Río Tacuarembó y afluentes
- Bosque fluvial y ecosistemas asociados al alto Río Negro
- Bosque fluvial y ecosistemas asociados al Río Yaguarón
- Isla serrana (cristalina)

#### Cuesta Basáltica

Un 5,0% (233.795 ha) de la eco-región fue identificado como de máxima y alta prioridad (2 y 3 criterios) (Fig. 6.1). Se destacaron particularmente las siguientes zonas:

- Bosque fluvial del Río Cuareim y ecosistemas asociados
- Bosque fluvial de los Arroyos Cuaró, Catalán y Tres Cruces y ecosistemas asociados
- Bosque fluvial del Río Uruguay y ecosistemas asociados
- Bosque fluvial del Río Arapey y ecosistemas asociados
- Bosque fluvial del Río Daymán y ecosistemas asociados
- Bosque fluvial del Río Queguay y ecosistemas asociados
- Bosques de Quebrada en Rivera

## Escudo Cristalino

Un 10,5% (300.638 ha) de la eco-región fue identificado como de máxima y alta prioridad (2 y 3 criterios) (Fig. 6.1). Se destacaron tres zonas de máxima y alta prioridad:

- Bosque fluvial del Río Yi y afluentes y ecosistemas asociados
- Litoral platense entre Colonia del Sacramento y Carmelo
- Humedales de Arazatí (Ao. Pavón y Ao. Pereira) y ecosistemas asociados

## Graben de la Laguna Merin

Un 19,4% (339.983 ha) de la eco-región fue identificado como de máxima y alta prioridad (2 y 3 criterios) (Fig. 6.1). Se destacaron particularmente las siguientes zonas:

- Humedales y ecosistemas asociados a la Laguna Negra
- Humedales y ecosistemas asociados a la Laguna de Castillos
- Humedales y ecosistemas asociados a la Laguna de Rocha
- Humedales y ecosistemas asociados a la Laguna Garzón
- Humedales y ecosistemas asociados a la Laguna José Ignacio
- Bosque fluvial del Río Cebollatí y ecosistemas asociados
- Sierras de Carapé (continua en eco-región Sierra del Este)
- Sierras entorno a Pirarajá (continua en eco-región Sierra del Este)

## Graben del Santa Lucía

Un 15,3% (119.916 ha) de la eco-región fue identificado como de máxima y alta prioridad (2 y 3 criterios) (Fig. 6.1). Se destacaron particularmente seis zonas de máxima y alta prioridad:

- Humedal del Río Santa Lucía y ecosistemas asociados
- Bosque fluvial del alto Río Santa Lucía y ecosistemas asociados
- Bosque fluvial del Río Santa Lucía medio y ecosistemas asociados
- Humedal del Arroyo San Gregorio y ecosistemas asociados
- Bosque costero y barrancas de San Gregorio
- Humedales del Arroyo Mauricio y ecosistemas asociados

## Sierra del Este

Un 11,6% (296.166 ha) de la eco-región fue identificado como de máxima y alta prioridad (2 y 3 criterios) (Fig. 6.1). Se destacaron particularmente las siguientes zonas:

- Sierras de Sosa y ecosistemas asociados
- Sierras de Carapé y ecosistemas asociados (continúa en Graben de la Laguna Merín)
- Sierras de los Caracoles y ecosistemas asociados
- Sierras de las Animas y de Minas y ecosistemas asociados
- Sierras del Yerbal y ecosistemas asociados
- Cuchillas del Arbolito y de la Campana y humedales del Arroyo Tacuarí
- Sierra de Ríos y ecosistemas asociados

## 6.5. SINTESIS Y CONCLUSIONES

En la última década Uruguay ha avanzado fuertemente en la compilación y generación de bases de datos de su biodiversidad, lo que ha permitido desarrollar estudios de priorización espacial (Brazeiro et al. 2008, Soutullo & Bartesaghi 2009, Soutullo et al. 2010). Estos estudios han identificado con una resolución espacial de 660 km<sup>2</sup> (i.e., cuadrículas del Plan Cartográfico Nacional), áreas valiosas para la conservación de la biodiversidad. Si bien estos estudios han representado un gran avance, que han permitido orientar con bases científicas los esfuerzos de conservación hacia distintas zonas del país, es necesario precisar con mayor resolución espacial la localización de los sitios de interés a la hora de planificar medidas concretas de gestión. En este sentido, el presente trabajo constituye un avance significativo, ya que implicó pasar de una grilla de 302 cuadrículas de 660 km<sup>2</sup>, a un sistema basado en unidades naturales (i.e., ecosistemas), con más de 100.000 polígonos.

Otro avance relevante respecto a los estudios previos de priorización en Uruguay, tiene que ver con los criterios considerados. Al igual que en los estudios previos, en el presente trabajo fueron consideradas la diversidad de especies y ambientes, pero se incluyó como nuevo criterio, la generación de servicios ecosistémicos. Hoy en día, éste criterio suele ser considerado como clave dentro de los estudios de priorización, debido a su estrecha relación con las diferentes dimensiones del bienestar humano (MEA 2005). Es por esta razón que el concepto de servicio ecosistémico se considera sumamente útil como instrumento para informar y llamar la atención de los tomadores de decisión y público en general, sobre la importancia vital de la biodiversidad, y así promover su conservación.

A pesar de las diferencias en las aproximaciones metodológicas y criterios utilizados, entre los estudios de priorización previos (Brazeiro et al. 2008, Soutullo & Bartesaghi 2009, Soutullo et al. 2010) y el actual, existe una considerable congruencia entre las propuestas, lo que robustece la identificación de los sitios aquí priorizados.

Uruguay no cuenta a la fecha con un mapa oficial de prioridades para la conservación. En este sentido, consideramos que la presente propuesta debería ser un insumo fundamental para discutir y acordar en el marco de la Estrategia Nacional de Conservación de la Biodiversidad, un mapa oficial de áreas prioritarias. Un mapa oficial de prioridades podría ser un instrumento de gran valor para la conservación en diferentes ámbitos, como por ejemplo, en el marco del Ordenamiento Territorial, Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Sistemas departamentales o privados de áreas protegidas, Evaluación de Impacto Ambiental. Más allá de estos instrumentos, este tipo de mapas podría orientar la actividad productiva hacia áreas no prioritarias, lo que conduciría a reducir los conflictos ambientales futuros.

# EVALUACIÓN DE LAS PRINCIPALES PRESIONES Y AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD DE URUGUAY

Invasión de bosque fluvial por ligustro  
(*Ligustrum lucidum*)

Eco-región: Graben del Santa Lucía

Foto: Grupo BEC, Facultad de Ciencias

# 7

## EVALUACIÓN DE LAS PRINCIPALES PRESIONES Y AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD DE URUGUAY

Marcel Achkar, Alejandro Brazeiro y Lucía Bartesaghi

### PRESENTACIÓN

Este capítulo resume los principales resultados del informe técnico elaborado por Achkar et al. (2012a). En el marco de la cuarta etapa del proceso de planificación eco-regional (Capítulo 2), en este trabajo se presenta una evaluación de las principales amenazas a la biodiversidad continental de Uruguay, el cambio de uso del suelo y las invasiones biológicas.

### 7.1. INTRODUCCIÓN

Todos los rincones del planeta son alcanzados por la actual Crisis global de la biodiversidad, de alguna forma y en algún grado (Capítulo 1). En este trabajo, se avanza en la evaluación de las principales presiones y amenazas sobre la biodiversidad de Uruguay, en especial a nivel de ecosistemas. En particular se analizan las presiones a nivel de cada una de las eco-regiones del país (Brazeiro et al. 2012b), en el marco de la teoría del riesgo (Cardona 2001).

La pérdida/alteración de hábitats naturales en manos de la actividad agrícola-forestal es la principal amenaza, dado que aproximadamente el 90% de la tierra posee aptitud para la agricultura o ganadería. Otro uso del suelo que implica pérdida de hábitats, es la minería, que si bien en la actualidad está espacialmente acotada, las perspectivas de expansión son importantes. Luego de la destrucción de hábitats, la invasión de especies exóticas en ecosistemas terrestres es la segunda causa de pérdida de biodiversidad en el planeta (D'Antonio et al. 2001).

En este trabajo, con el objetivo de aportar insumos para la planificación y gestión ambiental de las eco-regiones de Uruguay, se evalúan y mapean las principales amenazas para la conservación de la biodiversidad, producto de la presión sobre los ecosistemas asociada a los usos actuales del suelo, y a las invasiones biológicas. Se espera que los resultados alcanzados puedan ser usados como una herramienta estratégica en la gestión del territorio, que permita identificar puntos de especial susceptibilidad a las amenazas y mejorar así las estrategias de manejo, conservación y recuperación de áreas vulnerables.

## 7.2. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA

### 7.2.1. Cambio de Uso del Suelo

La interpretación y delimitación de usos/coberturas del suelo se realizó a partir de imágenes captadas por el Sensor LANDSAT 5TM, brindadas por el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de Brasil (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>). La composición de imágenes se realizó a través de la combinación de bandas R:G:B/3:4:5. Una vez elaborado el mosaico de todo el país se procedió a realizar la interpretación de las imágenes mediante el uso de software ENVI 4.7 y ArcGis 10, trabajando a escala 1:120.000. Se calculó el Índice Verde Normalizado (NDVI en inglés) de cada imagen para luego realizar una clasificación no supervisada. A partir de las clases generadas se procedió a una segunda clasificación de la imagen y posteriormente se realizó la interpretación de las categorías en los distintos usos/coberturas del suelo. Para la distribución de la actividad minera se trabajó con los registros de las empresas por padrón rural disponibles en la página web de la DINAMIGE.

Se seleccionaron tres actividades que implican una radical sustitución de los ecosistemas originales, con la subsecuente pérdida local de hábitats e impactos sobre las especies: agricultura (trigo-soja), forestación y minería. La ganadería no fue considerada por considerar que generalmente no implica una sustitución radical de los ecosistemas originales. No obstante, cabe señalar que en algunos casos el uso ganadero puede generar impactos y alteraciones de gran consideración (e.g., sobrepastoreo, implantación de praderas artificiales y producción en feed lots), casos que ameritarían un análisis profundo.

**Agricultura con rotación trigo- soja:** El cambio principal en la agricultura moderna de Uruguay es la incorporación de rotaciones entre cultivo de invierno-cultivo de verano, mayoritariamente trigo-soja. La producción de soja implica la utilización de herbicidas (e.g., Glifosato), insecticidas clorados (Endosulfán) y fertilizantes, aumentando la probabilidad de contaminación. El impacto demostrado más relevante de este sistema de producción es la erosión de los suelos (García Prechac et al. 2010). Los efectos en las poblaciones de especies nativas no han sido evaluados en el país, pero estudio regionales muestran fuertes impactos (Schrag et al. 2009).

**Forestación:** La forestación crece básicamente a expensas del ecosistema de pastizal. Además del impacto social, puesto que las empresas forestales en general desplazan productores ganaderos (muchos de ellos pequeños), se han evidenciado problemas ecológicos. Los dos más importantes, son (1) la modificación del ciclo hidrológico provocando una disminución del escurrimiento superficial y (2) la acidificación de los suelos donde se implanta la forestación (Céspedes-Payret et al. 2009). En términos de biodiversidad son obvios los impactos de la forestación, ya que implica la reducción en superficie de praderas naturales, con la consiguiente pérdida local de las especies que hace uso de este hábitat. No obstante, las forestaciones no son “desiertos biológicos”, ya que algunas especies animales típicas de bosques pueden hacer uso de estos nuevos ambientes (Andrade-Nuñez & Aide 2010), pero también algunas exóticas (e.g., ciervos) y exóticas invasoras (e.g., jabalí).

**Minería:** La minería asociada a la extracción de diversos materiales metálicos, no metálicos, áridos y energéticos, implica drásticas alteraciones físicas localizadas, que dan lugar a la pérdida de los hábitats originales. Además de la afectación del área de extracción directa, la actividad minera puede generar alteraciones en zonas aledañas, ya sea para la construcción de represas de relaves o sistemas de transporte hacia zonas de acopio.

### 7.2.2. Invasiones biológicas

El presente análisis sobre las principales especies invasoras de Uruguay se basa en los resultados aportados por la consultoría de apoyo realizada por Guerrero et al. (2012). Las especies invasoras son organismos exóticos (i.e., no autóctona, fuera del área natural de dispersión), que liberados intencional o accidentalmente fuera de su área de distribución geográfica, se propagan sin control, se sostienen por sí mismas en hábitat naturales o artificiales; ocasionan disturbios ambientales como modificaciones en la composición, estructura y procesos de los ecosistemas y pueden generar gastos en los países afectados, así como problemas en la salud humana y animal (Pimentel et al. 2000, UICN 2000).

Uruguay cuenta con una Base de datos de Especies Exóticas e Invasoras, InBUy (Administradores: Ernesto Brugnoli y Pablo Muniz, Facultad de Ciencias), que actualmente contiene información de 351 especies y 4.715 registros de distribución. A partir de una consulta preliminar con expertos respecto al grado invasor de las especies exóticas de Uruguay, fueron seleccionadas 17 especies (15 plantas y 2 animales) de la base InBUy (Tabla 7.1). De la base de datos InBUy (consulta diciembre 2011 y enero 2012) se extrajo información taxonómica, biológica y ecológica de estas especies, así como los registros de distribución. A partir de los registros disponibles se construyeron mapas preliminares de distribución (mapas de puntos), que fueron utilizados como base para realizar una consulta a expertos (Tabla 7.2), a los efectos de evaluar el grado invasor de las especies y para recabar nuevos registros.

#### **Modelación de la distribución de las especies invasoras**

Se modeló la distribución potencial de cada especie con una resolución de 2,5 arc minutos (~25 km<sup>2</sup>), usando el programa Maxent 3.3.3k (Phillips et al. 2004). Maxent estima la probabilidad de ocurrencia de la especie por pixel a partir de los datos de presencias y un conjunto de variables ambientales (Phillips et al. 2006). Se utilizaron los registros de localidades aportadas por InBUy, y por los expertos consultados. Se consideraron las variables climáticas estándar correspondientes al periodo 1961 a 1990, que fueron descargadas según el procedimiento descrito por Phillips et al. (2006) (<http://www.cs.princeton.edu/Xschapire/maxent>).

**Tabla 7.1.** Especies exóticas Invasoras seleccionadas de InBUy, analizadas en este trabajo. Grado invasor asignado en función de consulta a expertos (Tabla 7.2).

Espece	Nombre vulgar	Hábito/Grupo	Grado invasor
<b>PLANTAS VASCULARES</b>			
<i>Acacia longifolia</i>	Acacia	Árbol	Medio
<i>Fraxinus americana</i>	Fresno americano	Árbol	Medio
<i>Fraxinus lanceolata</i>	Fresno americano	Árbol	Medio
<i>Gleditsia triacanthos</i>	Espina de Cristo	Árbol	Alto
<i>Ligustrum lucidum</i>	Ligustro	Árbol	Alto
<i>Pinus elliottii</i>	Pino	Árbol	Medio
<i>Pinus pinaster</i>	Pino	Árbol	Medio
<i>Ligustrum sinense</i>	Ligustrina	Arbusto	Medio
<i>Pyracantha coccinea</i>	Crataegus	Arbusto	Medio
<i>Lonicera japonica</i>	Madreselva	Arbusto apoyante	Medio
<i>Rubus fruticosus</i>	Zarzamora	Arbusto espinoso	Alto
<i>Rubus ulmifolius</i>	Zarzamora	Arbusto espinoso	Alto
<i>Ulex europaeus</i>	Tojo	Arbusto espinoso	Alto
<i>Cynodon dactylon</i>	Pasto bermuda	Herbácea	Alto
<i>Eragrostis plana</i>	Capimannoni	Herbácea	Alto
<b>VERTEBRADOS</b>			
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	Pez	Alto
<i>Sus scrofa</i>	Jabalí	Mamífero	Alto

**Tabla 7.2.** Lista de especialistas consultados por grupo taxonómico.

Experto	Institución	Área de consulta
Ing.Agr. Juan Pablo Nebel	Dirección Forestal, MGAP	Plantas leñosas, bosques
MSc. Felipe Lezama	Facultad de Agronomía	Plantas herbáceas, praderas
Dr. Alejandro Brazeiro	Facultad de Ciencias	Plantas leñosa, bosques
Lic. Federico Haretche	Facultad de Ciencias	Plantas leñosas, bosques
Dr. Marcelo Loureiro	Facultad de Ciencias	Vertebrados acuáticos, carpa
Lic. Matías Zarucki	Facultad de Ciencias	Vertebrados acuáticos, carpa
Lic. Rossana Berrini	DINAMA, MVOTMA	Vertebrados terrestres, jabalí
Lic. Raúl Lombardi	DINAMA, MVOTMA	Vertebrados terrestres, jabalí
Lic. Patricia Mai	Facultad de Ciencias	Plantas leñosas, bosques
Lic. Andrés Rosado	Facultad de Ciencias	Plantas leñosas, bosques

Para evaluar la robustez de los modelos se consideró especialmente el estadígrafo AUC (Area Under the Curve) que mide la eficacia general del modelo (Hosmer & Lemeshow 1989). Un valor de 0,8 significa que un 80% de las veces, una presencia seleccionada al azar tendrá un valor predicho por el modelo más elevado que una ausencia seleccionada al azar. Todos los modelos obtenidos resultaron robustos, ya que para todas las especies el valor que se obtuvo de AUC fue superior a 0,9.

Los mapas individuales fueron evaluados por eco-región, determinando (1) *regiones invadidas*: aquellas donde existen numerosos registros de la especie invasora en cuestión y la modelación propone una alta probabilidad de ocurrencia y (2) *regiones potencialmente invadidas*: aquellas donde no existen registros de la especie invasora en cuestión, pero la modelación propone una alta probabilidad de ocurrencia. Estos casos podrían indicar dos situaciones: (a) la invasora ya está en la región pero no ha sido registrada o (b) la invasora podría extenderse en la zona porque las condiciones ambientales le resultarían favorable.

## 7.3. RESULTADOS

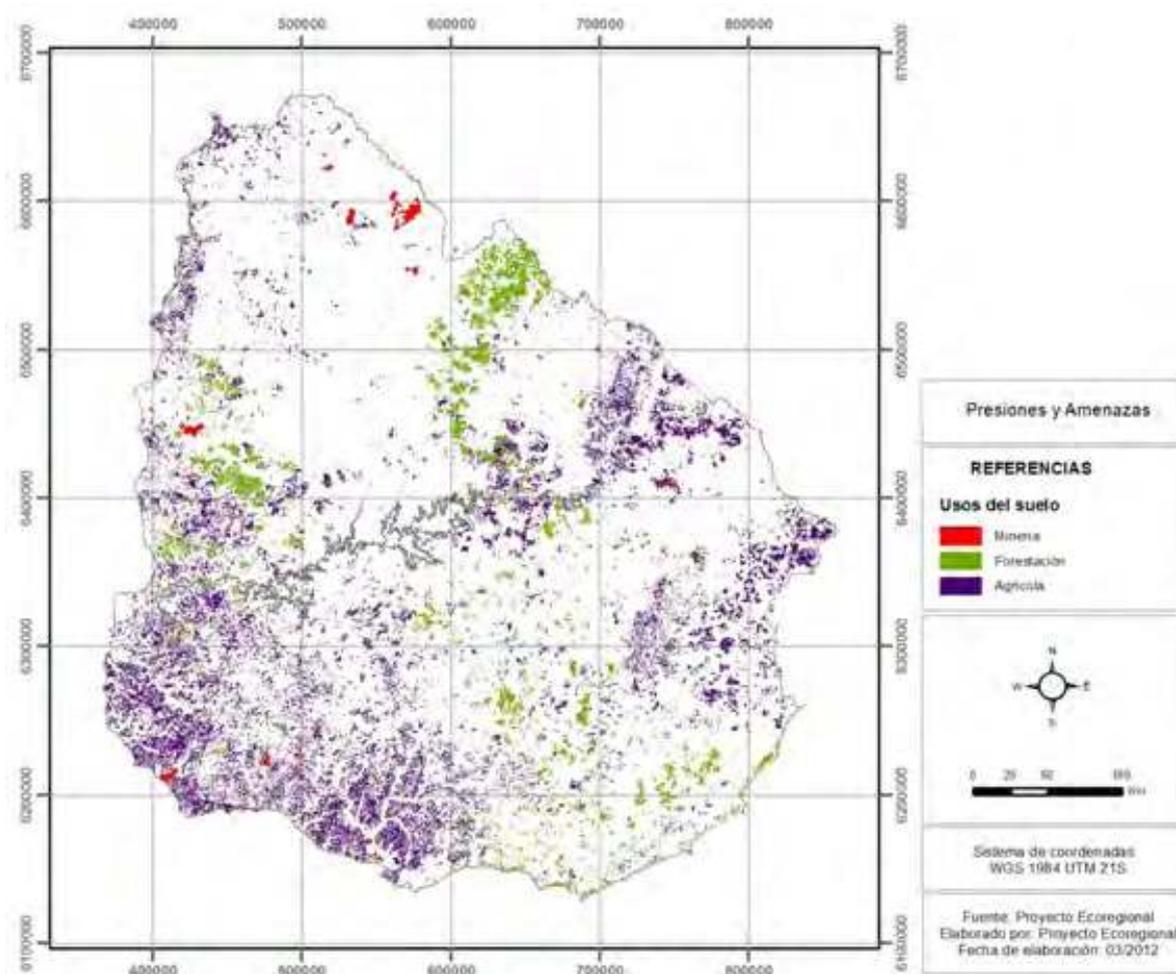
### 7.3.1. Cambio de usos del suelo

Los usos del suelo evaluados ocupan 2.648.627 ha (~15%) del territorio nacional, siendo la agricultura (1.526.729 ha) y la forestación (1.049.334 ha) usos más extendidos que la minería (73.612 ha), concordando con diagnósticos previos (GeoUruguay 2008). A esta estimación habría que sumarle un 3%, correspondiente a la superficie ocupada por espacios urbanos, grandes infraestructuras y otras actividades agrícolas intensivas. La agricultura (soja/trigo) se extiende fuertemente en la mayoría de las eco-regiones, a excepción de la Sierras del Este y Cuesta Basáltica (Tabla 7.3, Figura 7.1). El Escudo Cristalino y la Cuenca Sedimentaria del Oeste son las eco-regiones de mayor expansión agrícola. La forestación se concentra fuertemente en la Cuenca Sedimentaria Gondwánica, Sierra del Este y Cuenca Sedimentaria del Oeste. La minería por su parte se distribuye en forma más localizada, con mayor desarrollo en el departamento de Artigas (Cuesta Basáltica), Colonia (Escudo Cristalino), Paysandú (Cuenca sedimentaria del Oeste) y en diferentes localidades de la eco-región Sierra del Este.

**Tabla 7.3.** Uso del suelo por eco-región, expresado en porcentaje respecto al total nacional.

Eco-región	Agricultura		Forestación		Minería		Total (ha)
	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	
<b>Cuenca Sedimentaria Gondwánica</b>	17,0	259.544	37,3	391.011	10,0	7.361	657.916
<b>Cuenca Sedimentaria del Oeste</b>	19,2	293.132	20,0	209.657	13,5	9.938	512.727
<b>Cuesta Basáltica</b>	7,6	116.031	6,1	63.945	36,5	26.868	206.844
<b>Escudo Cristalino</b>	26,6	406.11	7,9	82.815	18,9	13.913	502.838
<b>Graben de la Laguna Merín</b>	11,2	170.994	5,6	58.704	2,1	1.546	231.244
<b>Graben del Santa Lucía</b>	12,3	187.788	2,2	23.062	6,2	4.564	215.414
<b>Sierras del Este</b>	6,1	93.13	21,0	220.14	12,8	9.422	322.692
<b>Total</b>	100	1.526.729	100	1.049.334	100	73.612	2.649.675

Fuente: elaboración propia.



**Figura 7.1.** Distribución de los usos agrícolas (soja/trigo), forestales y mineros en Uruguay, correspondiente al año 2012.

Las amenazas, riesgos y vulnerabilidades asociadas al cambio de uso del suelo varían por eco-región, especialmente en función de los efectos que puedan tener sobre los servicios ecosistémicos fundamentales.

**Cuenca Sedimentaria Gondwánica:** en esta eco-región la gestión del agua tiene una importancia fundamental, ya que allí se encuentran las cuencas de captación para las represas hidroeléctricas ubicadas en el Río Negro. La presencia de casi 660.000 ha de usos del suelo que implican una importante transformación en las relaciones de evapotranspiración/infiltración/escurrimiento, constituye un factor que debe ser analizado en detalle para no comprometer el funcionamiento hídrico de la región.

**Cuenca Sedimentaria del Oest** tradicionalmente en esta zona del país se han concentrado las producciones agrícolas ganaderas más intensivas, con un desarrollo tecnológico basado en rotaciones cultivos-praderas, que permitió minimizar los procesos de degradación de los suelos. Las nuevas tendencias tecnológicas hacia la agricultura continua, la presión de la forestación y las actividades ganaderas redundan en una competencia por el acceso a los recursos naturales en un proceso de intensificación creciente de la eco-región.

**Cuesta Basáltica:** es la eco-región donde el proceso de intensificación en el uso de los recursos naturales presenta los menores valores de superficie. El sistema tradicional de producción implicó aquí la utilización asociada de la oferta forrajera de los suelos superficiales en forma integral con la oferta de los suelos profundos. Desarrollando de esta forma un complejo sistema de pastoreo extensivo que permitió obtener buenos resultados productivos. La utilización de los suelos profundos con destino agrícola-forestal, puede comprometer el sistema productivo ganadero de la eco-región, generando un importante impacto social.

**Escudo Cristalino:** es la segunda eco-región tradicionalmente agrícola del país, asociada a la producción lechera y ganadera. El importante avance de la intensificación agraria, fundamentalmente agrícola y forestal, implica el desplazamiento de la lechería hacia tierras marginales y la dificultad de los pequeños productores para acceder a campos para complementar la deficiencia de tamaño de sus unidades productivas. Por otra parte el sector ganadero enfrenta la disminución de la superficie disponible con estrategias de intensificación de la producción.

**Graben de la Laguna Merín:** en esta eco-región la expansión de la actividad agrícola se está procesando por la integración de los cultivos de arroz y soja. Un proceso reciente de avance de los cultivos de soja sobre suelos tradicionalmente dedicados al cultivo de arroz, pero que presentan niveles de pendiente suficientes para drenar el agua del campo, lo que genera las condiciones favorables para el cultivo de soja. Por su parte, el cultivo de arroz presiona sobre nuevas áreas inundables, siendo necesaria la construcción de canales para drenar estos campos. Por otra parte, el avance de la forestación se realiza aquí en las zonas altas o cabeceras de cuenca, comprometiendo en el corto plazo la producción hídrica de la cuenca en general.

**Graben del Río Santa Lucía** el desarrollo productivo de esta cuenca se sustentó tradicionalmente en la integración de actividades hortícolas, frutícolas, lechería, agrícola y ganadería. En un mosaico de producciones que se asocia a la ubicación relativa de la cuenca en el entorno del área metropolitana. Actualmente se procesa un desplazamiento de la lechería hacia zonas marginales y se asocia la agricultura con la ganadería, que pasa a tener importancia relativa en la cuenca con la aparición de establecimientos dedicados a la producción intensiva (feed lot). El avance de la forestación se presenta fundamentalmente en las nacientes de la cuenca (zonas de sierras) donde se presenta la mayor parte de la producción hídrica de la cuenca.

**Sierras del Este:** La forestación es una de las actividades con mayor importancia y genera un importante impacto sobre los bosques serranos afectando las nacientes de las principales cuencas hídricas del país. La actividad minera es especialmente significativa, la que puede llegar a generar fragmentaciones y discontinuidades en la eco-región. Si bien esta es una zona del país que presenta un importante nivel de "naturalidad" en la actualidad, se enfrenta a un proceso acelerado de reducción y fragmentación de áreas naturales y la generación de discontinuidades espaciales.

### 7.3.2. Invasiones biológicas

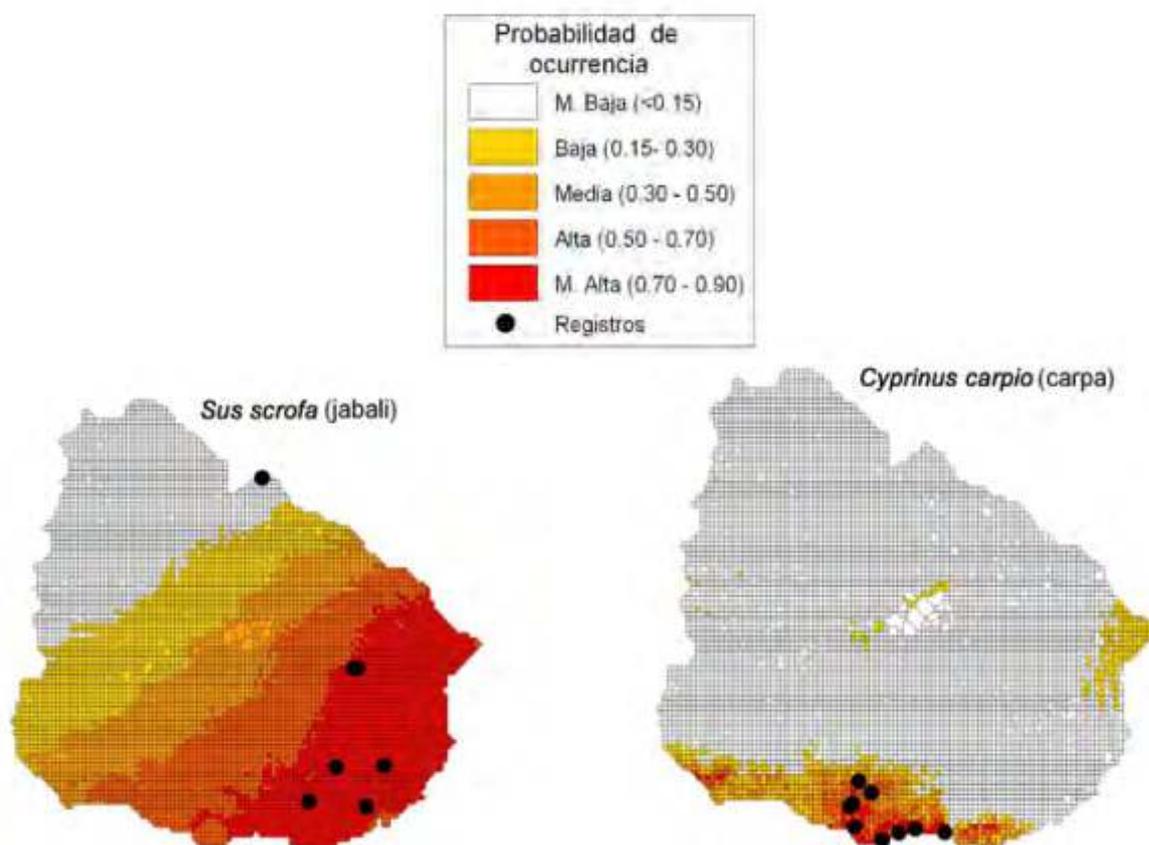
Si bien se reconoce la falta de evaluaciones científicas de los impactos de las especies invasoras sobre los ecosistemas nativos, existe consenso entre los expertos consultados respecto a las especies más peligrosas para los ecosistemas nativos. Estas son el jabalí (*Sus scrofa*), la carpa (*Cyprinus carpa*), los árboles espina de cristo (*Gleditsia triacanthos*) y ligustro (*Ligustrum lucidum*), el tojo (*Ulex europaeus*), el pasto bermuda (*Cynodon dactylum*) y el Capinannoni (*Eragrostis plana*).

El jabalí ha sido registrado con alta frecuencia en Sierras del Este, y en menor grado en la Cuenca Sedimentaria Gondwánica, aunque allí existiría una alta potencialidad de invasión, al igual que el Graben de la Laguna Merín, Escudo Cristalino, Sur de la Cuenca sedimentaria del Oeste y parte del Graben del Santa Lucía (Fig. 7.2 y Tabla 7.4).

**Tabla 7.4.** Evaluación de la distribución espacial de los principales animales invasores en las eco-regiones de Uruguay.

Eco-región	Invasores registrados	Invasores potenciales
Cuenca Sedimentaria Gondwánica	<i>Sus scrofa</i>	<i>Sus scrofa</i> (Expansión al Sur)
Cuenca Sedimentaria del Oeste		<i>Sus scrofa</i> (Extremo Sur)
Cuesta Basáltica		<i>Cyprinus carpio</i> (Río Negro)
Escudo Cristalino		<i>Cyprinus carpio</i> (Sur), <i>Sus scrofa</i>
Graben de la Laguna Merín		<i>Sus scrofa</i>
Graben del Santa Lucía	<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Sus scrofa</i>
Sierras del Este	<i>Sus scrofa</i>	

La carpa ha sido ampliamente registrada en el Graben del Santa Lucía y en el Río de la Plata Interior (no figuran registros en el mapa porque solo se consideró el territorio continental) y existiría una considerable potencialidad de invasión en el Graben de la Laguna Merín, franja costera del Escudo Cristalino, y en el Río Negro (Cuesta Basáltica) (Fig. 7.2 y Tabla 7.4).



**Figura 7.2.** Modelación de la distribución espacial de las especies *Sus scrofa* y *Cyprinus carpio* en Uruguay. Tomado de Guerrero et al. (2012).

El ligustro es comúnmente registrado en los bosques fluviales del centro-sur del país (eco-regiones: GSL, EC, CSO) (Fig. 7.3, Tabla 7.5), donde puede alcanzar muy altas densidades en áreas perturbadas por la construcción de puentes carreteros (Burmida 2011). Existe una alta potencialidad de invasión en el extremo sur de la Sierra del Este.

El árbol corona de cristo es otro invasor de bosques fluviales, con abundantes registros en el suroeste y litoral oeste del país, especialmente en las eco-regiones Cuenca Sedimentaria del Oeste, Graben del Santa Lucía y Escudo Cristalino, y con algunos registros en la Cuenca Sedimentaria Gondwánica (Fig. 7.3, Tabla 7.5). La modelación sugiere que esta especie podría expandirse en todo el territorio nacional, con la excepción de Sierras del Este, y la zona Este de la Cuesta Basáltica.

Por su parte, el tojo ha sido ampliamente registrado en la Sierra del Este, Graben de la Laguna Merín y Graben del Santa Lucía, y con menor frecuencia en el Escudo Cristalino, donde potencialmente podría invadir en forma generalizada, al igual que en la Cuenca Sedimentaria Gondwánica y el sur de la Cuenca Sedimentaria del Oeste (Fig. 7.3, Tabla 7.5).

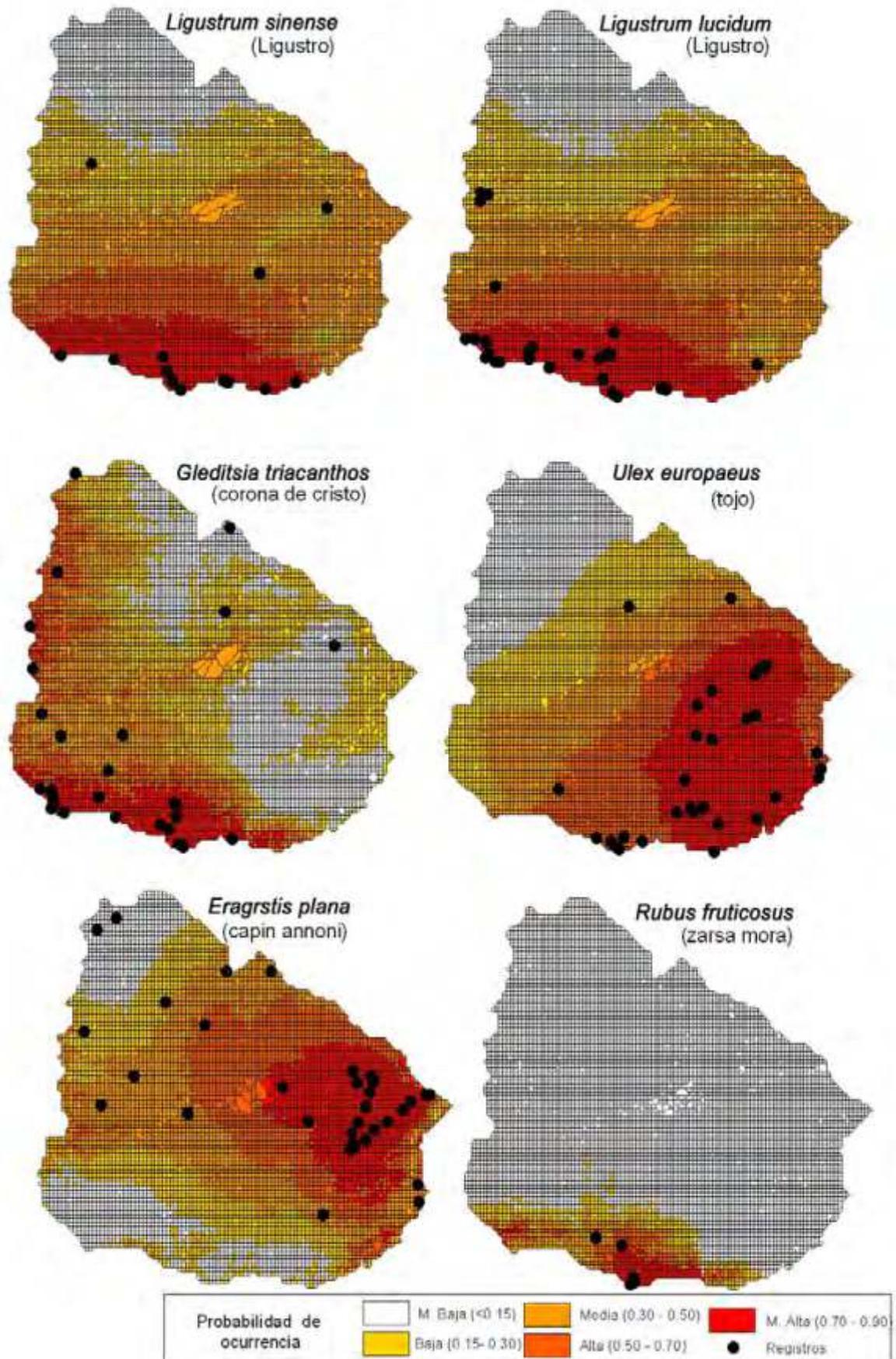


Figura 7.3. Modelación de la distribución espacial en Uruguay de algunas de las principales plantas invasoras: *Ligustrum lucidum*, *Ligustrum sinense*, *Gleditsia triacanthos*, *Ulex europaeus*, *Eragrostis plana* y *Rubus fruticosus*. Tomado de Guerrero et al. (2012).

**Tabla 7.5.** Evaluación de la distribución espacial de los principales árboles y arbustos invasores en las eco-regiones de Uruguay

Eco-región	Invasores registrados	Invasores potenciales
Cuenca Sedimentaria Gondwánica	<i>Pinus elliottii</i>	<i>Gleditsia triacanthos</i> (Valle del Río Negro), <i>Ulex europaeus</i> (Centro y Sur)
Cuenca Sedimentaria del Oeste	<i>Gleditsia triacanthos</i> , <i>Ligustrum lucidum</i> (Centro y Sur), <i>Fraxinus americana</i> (Extremo Sur), <i>Fraxinus lanceolata</i> (Centro y Sur), <i>Lonicera japonica</i> (Sur), <i>Pinus elliottii</i> (Norte), <i>Pyracantha coccínea</i> (Extremo Sur)	<i>Ulex europaeus</i> (Extremo Sur), <i>Acacia longifolia</i> (Extremo Sur), <i>Fraxinus americana</i> (expansión al Centro), <i>Ligustrum sinense</i> (Sur), <i>Pinus elliottii</i> (Expansión al Sur)
Cuesta Basáltica		<i>Gleditsia triacanthos</i> (Valle del Río Negro), <i>Ulex europaeus</i> (Sur), <i>Pinus elliottii</i> (Valle del Río Negro)
Escudo Cristalino	<i>Gleditsia triacanthos</i> , <i>Ligustrum lucidum</i> (Sur), <i>Ulex europaeus</i> , <i>Ligustrum sinense</i> (Sur), <i>Lonicera japonica</i> , <i>Rubus ulmifolius</i> (Sur),	<i>Ulex europaeus</i> (Expansión generalizada), <i>Acacia longifolia</i> (Extremo Sur), <i>Fraxinus lanceolata</i> (Extremo S), <i>Ligustrum sinense</i> (Expansión generalizada), <i>Lonicera japonica</i> (Expansión generalizada), <i>Pinus elliottii</i> , <i>Pinus pinaster</i> (Extremo Sur, costa), <i>Pyracantha coccínea</i> (Sur), <i>Rubus fruticosus</i> (Sur), <i>Rubus ulmifolius</i> (Expansión generalizada)
Graben de la Laguna Merín	<i>Ulex europaeus</i> , <i>Acacia longifolia</i> (Extremo SW), <i>Fraxinus lanceolata</i> (Extremo SW), <i>Lonicera japonica</i> (Sur), <i>Pinus elliottii</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Pyracantha coccínea</i>	<i>Ulex europaeus</i> (Expansión generalizada), <i>Acacia longifolia</i> (Expansión generalizada), <i>Fraxinus americana</i> (Expansión generalizada), <i>Fraxinus lanceolata</i> (Expansión generalizada), <i>Ligustrum sinense</i> (Expansión generalizada), <i>Pinus pinaster</i> (Expansión al NE), <i>Pyracantha coccínea</i> (Expansión generalizada), <i>Rubus ulmifolius</i> (Costa)
Graben del Santa Lucía	<i>Gleditsia triacanthos</i> , <i>Ligustrum lucidum</i> , <i>Ulex europaeus</i> , <i>Acacia longifolia</i> , <i>Fraxinus americana</i> , <i>Fraxinus lanceolata</i> , <i>Ligustrum sinense</i> , <i>Lonicera japonica</i> , <i>Pinus elliottii</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Pyracantha coccínea</i> , <i>Rubus fruticosus</i> , <i>Rubus ulmifolius</i>	<i>Acacia longifolia</i>
Sierras del Este	<i>Ulex europaeus</i> , <i>Ligustrum sinense</i> , <i>Fraxinus lanceolata</i> (Extremo S), <i>Lonicera japonica</i> , <i>Pinus elliottii</i> (Extremo Sur), <i>Pinus pinaster</i> (Extremo Sur), <i>Pyracantha coccínea</i> , <i>Rubus ulmifolius</i> (Sur)	<i>Ligustrum lucidum</i> (Sur), <i>Pinus elliottii</i> (Expansión generalizada), <i>Pyracantha coccínea</i> (Expansión generalizada), <i>Rubus fruticosus</i> (Sur)

El pasto bermuda ya se ha expandido por gran parte del país, invadiendo praderas, bosques abiertos, humedales y agroecosistemas de casi todas las eco-regiones, a excepción de la zona norte de la eco-región Graben de la Laguna Merín y en la Cuenca Sedimentaria Gondwánica. La modelación sugiere una potencial expansión de la invasión a toda la cuenca de la Laguna Merín (Tabla 7.6).

Por su parte, el capin annoni ya se ha expandido a gran parte del país, principalmente por el este y norte (Fig. 7.3). A excepción del Graben del Santa Lucía y el Escudo Cristalino, todas las eco-regiones cuentan con registros de esta especie. La modelación sugiere que aunque baja, existe cierta probabilidad de que esta especie se expanda en las dos eco-regiones no invadidas aun (Graben del Santa Lucía y Escudo Cristalino) (Fig. 7.3, Tabla 7.6).

**Tabla 7.6.** Evaluación de la distribución espacial de las principales malezas invasoras en las eco-regiones de Uruguay.

Eco-región	Invasores registrados	Invasores potenciales
<b>Cuenca Sedimentaria Gondwánica</b>	<i>Eragrostis plana</i>	
<b>Cuenca Sedimentaria del Oeste</b>	<i>Eragrostis plana</i> (Centro), <i>Cynodon dactylon</i>	
<b>Cuesta Basáltica</b>	<i>Eragrostis plana</i> , <i>Cynodon dactylon</i>	
<b>Escudo Cristalino</b>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Eragrostis plana</i> (Baja probabilidad)
<b>Graben de la Laguna Merín</b>	<i>Eragrostis plana</i> , <i>Cynodon dactylon</i> (Sur)	<i>Cynodon dactylon</i> (Expansión generalizada)
<b>Graben del Santa Lucía</b>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Eragrostis plana</i> (Baja probabilidad)
<b>Sierras del Este</b>	<i>Eragrostis plana</i> , <i>Cynodon dactylon</i>	

## 7.4. SINTESIS Y CONCLUSIONES

En este trabajo se evaluaron dos de los principales factores de amenaza para la conservación de la biodiversidad, el cambio de uso del suelo y las invasiones biológicas. El análisis espacial de estas amenazas presenta a todas las eco-regiones con un nivel alto de riesgo, para al menos uno de los factores considerados (Tabla 7.7). De acuerdo a las amenazas consideradas, la Cuenca Sedimentaria del Oeste, el Escudo Cristalino y las Sierras del Este son las eco-regiones más amenazadas, seguidas por el Graben del Santa Lucía y la Cuenca Sedimentaria Gondwánica con niveles intermedios. Finalmente, la Cuesta Basáltica y el Graben de la Laguna Merín aparecen como las eco-regiones con menor nivel relativo de amenazas.

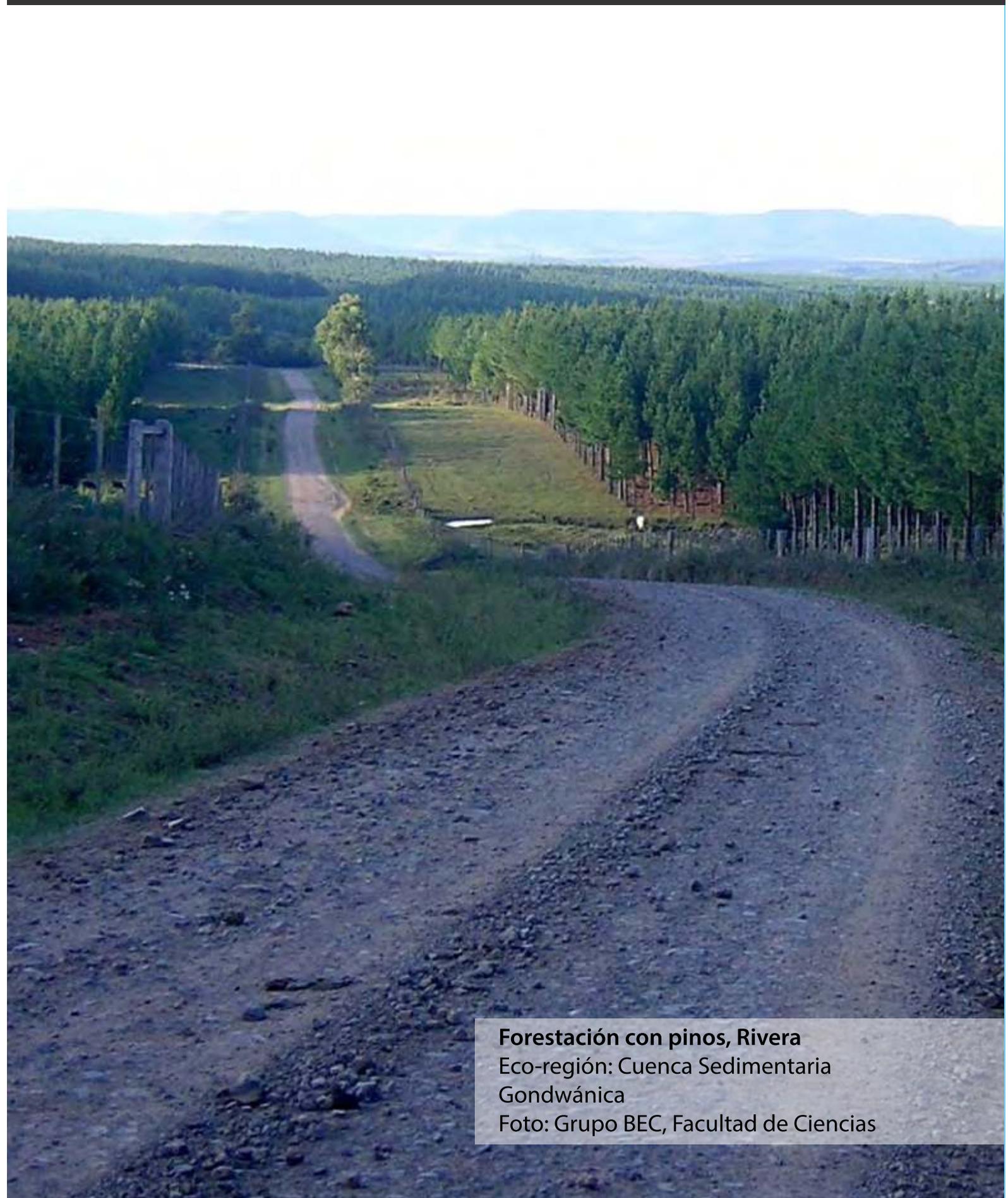
**Tabla 7.7.** Síntesis de las principales amenazas para la conservación de la biodiversidad por eco-región, evaluadas en base a tres niveles (Amenaza: alta, media y baja), a partir de la superficie afectada. Para el caso de las invasiones, se agrupan las especies según el ecosistema afectado. Pradera: invasión por herbáceas. Bosques (fluvial y serrano): invasión por árboles, arbustos y jabalí. Ríos (y arroyos): invasión por carpa.

Eco-región	Cambio de uso del Suelo			Invasiones biológicas		
	Soja/Trigo	Forestación	Minería	Pradera	Bosques	Ríos
<b>C.S. Gondwánica</b>	Media	Alta	Baja	Media	Media	Baja
<b>C.S. del Oeste</b>	Alta	Alta	Media	Medio	Alta	Media
<b>Cuesta Basáltica</b>	Baja	Baja	Alta	Baja	Baja	Media
<b>Escudo Cristalino</b>	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Baja
<b>G. Laguna Merín</b>	Baja	Baja	Baja	Alta	Media	Media
<b>G. Santa Lucía</b>	Baja	Baja	Baja	Alta	Alta	Alta
<b>Sierras del Este</b>	Baja	Alta	Media	Alta	Alta	Baja

El sistema costero no fue analizado en este estudio en relación a las invasiones biológicas. No obstante, cabe destacar que el nivel de invasión es importante, especialmente en la franja atlántica, lo que ameritaría un estudio particular. Dentro de las principales invasoras de los ecosistemas costeros, están especies leñosas como *Acacia longifolia* (acacia), *Pittosporum undulatum* (azarero), y la planta *Arpobrotus edulis* (diente de león), que alcanzan altas densidades en varias localidades costera, con potenciales impactos en la dinámica sedimentaria.



# FUTURAS AMENAZAS: ESCENARIOS DE CAMBIO DE USO DEL SUELO EN URUGUAY



**Forestación con pinos, Rivera**  
Eco-región: Cuenca Sedimentaria  
Gondwánica  
Foto: Grupo BEC, Facultad de Ciencias

# 8

## FUTURAS AMENAZAS: ESCENARIOS DE CAMBIO DE USO DEL SUELO EN URUGUAY

Marcel Achkar, Alfredo Blum, Lucía Bartesaghi y Mauricio Ceroni

### PRESENTACIÓN

En este capítulo se sintetizan los principales resultados del informe técnico elaborado por Achkar et al. (2012). Se centra en la construcción de un escenario de cambio de uso del suelo, con el objetivo de evaluar las futuras amenazas para la biodiversidad en las eco-regiones de Uruguay. Estos resultados se enmarcan dentro de la cuarta etapa del proceso de planificación eco-regional de Uruguay (i.e., Análisis de Amenazas, ver Capítulo 2).

### 8.1. INTRODUCCIÓN

El cambio de cobertura y uso del suelo (CUCS) es en la actualidad la principal amenaza a la biodiversidad (Capítulos 1 y 7), y se prevé que continúe siéndolo en el futuro (Sala et al. 2000). Por tanto, es importante contar con escenarios de CUCS, como insumo para la planificación ambiental.

En este capítulo se avanza en la construcción de modelos prospectivos de los cambios de uso del suelo y su interpretación en cuanto a las variaciones en las presiones y amenazas sobre los ambientes de Uruguay. En especial se analiza la variación de las presiones a nivel de cada una de las eco-regiones del país, como factor de riesgo y cambios en la vulnerabilidad de los ambientes. El riesgo es considerado función de las amenazas provocadas por el cambio de uso del suelo (e.g. suelo descubierto por agricultura continua, contaminantes por aplicaciones de agrotóxicos, etc.). Por su parte, la vulnerabilidad es considerada como una propiedad emergente de un sistema expuesto a una amenaza, que es susceptible a sufrir un daño (Cardona 2001).

### 8.2. APROXIMACION METODOLÓGICA

Se usó como punto de partida el escenario normativo estratégico (ENE) generado por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP). El ENE determina el panorama productivo general del país al 2030, sin contemplar su espacialización. Según Bittencourt (2009) el ENE es: “[...] un escenario-meta, deseado y posible, con un horizonte temporal definido. El ENE/Escenario Normativo Estratégico

*es la conceptualización del futuro deseado y posible, con alto grado de ocurrencia si lo asumimos también como un camino a recorrer o un destino que se construye socialmente. Es una imagen (visión) e implica recorridos (una estrategia). Surge del análisis de los Factores Clave del sistema en estudio y su relación con los valores socialmente aceptados, y con los deseos compartidos por la comunidad (Nalerio & Echaider, mimeo 3E, 2006)."*

El ENE se elaboró en base a la visión de los sectores productivos consultados sobre el mejor estado de los factores claves. Adicionalmente, se incorporan supuestos posibles, no contemplados por los sectores:

- Impacto de la utilización de Gas Natural presente en el territorio nacional; mantenimiento de la demanda metálica básica internacional, disponibilidad en el acceso a maquinaria, equipos y material de transporte, en un contexto interno de reducción de costos e incremento de la productividad.
- Externalidades positivas generadas por la adopción de biotecnología, nanotecnología, TICs, software. Tendencialmente se espera un importante incremento en la productividad del sector industrial frigorífico y lácteo.
- Precios de materias primas (commodities) más altos (i.e., situación más próxima a 2008).
- Mayor diversificación industria forestal: papel y muebles.
- Incremento muy significativo del gasto promedio de los turistas en un contexto de elevado crecimiento de la economía regional y mundial.

Fueron utilizados los indicadores definidos por Bittencourt (2009) para el período (2008-2030):

- Tasa país de crecimiento 2008-2030: 5,0%
- Tasa de crecimiento PIB/cápita 2008-2030: 4,0%
- PIB (producto interno bruto) *per cápita* (2030) 19.242 US\$
- Exportaciones 2030: U\$S 22.028 millones
- PIB Total 2030: U\$S 68.707 millones

El ENE representa la visión de Presidencia (i.e., OPP), y se considera el modelo prospectivo que tiene más precisión en la definición del crecimiento y desarrollo de diferentes sectores. Por tanto, fue elegido en este análisis como base para trabajar en escenarios de CUCS. Esto no implica un acuerdo con el ENE, ni con la metodología aplicada para su realización. De hecho, este tipo de análisis debería considerar la necesidad de incorporar al ambiente como componente estructural del modelo de desarrollo económico y no apenas incluirlo como un elemento accesorio en su concepción. El ENE tiene una expresión de PIB y su objetivo es incrementar la tasa de crecimiento económico del país como condición indispensable de desarrollo. Un modelo de prospectiva económica sustentable debería incorporar al ambiente como un factor clave de análisis.

El ENE está enfocado en 8 grandes sectores: (1) Agroindustrias Grandes I, (2) Agroindustrias II, (3) Innovadores TICs (Tecnologías de la información y la comunicación),

(4) Innovadores BIO (Biotechnology Industry Organization), (5) Industria intensiva en Mano de Obra, (6) Industria insumos importados, (7) Turismo y (8) Logística y transporte. El comportamiento previsto en los grupos Agroindustria I y Agroindustria II, tendrán impacto claro en CUCS, por lo cual son los grupos considerados en el presente análisis. El grupo de Turismo puede tener un impacto específico sobre cambios en el uso del suelo, especialmente en los suelos de alto valor ambiental.

Es de destacar que existe una presencia de industrias relacionadas fuertemente al agro, como son la textil y la de cueros en el grupo 3 que no se toman en cuenta, ya que su impacto en el sector primario se ve incluido en el cambio de la ganadería y su impacto ambiental a nivel de la industria no se ve reflejado en el cambio de ecosistemas nacionales.

El ENE no tomó en cuenta dos hechos que serán incorporados al presente análisis: la construcción de la planta de pasta de celulosa de Montes del Plata en Conchillas y los (muy factibles) emprendimientos de megaminería, donde se incluirá como caso paradigmático la propuesta de Aratirí, dado que ambas intervenciones generarían cambios de gran magnitud en el uso del suelo; inducidos para el abastecimiento de la planta en el primer caso, o directamente por el cambio definitivo de uso en el segundo.

### 8.2.1. Evolución y espacialización prevista de las principales amenazas

#### *Intensificación de la ganadería*

Se plantean aumentos monetarios de más del 100% para el mercado interno y más del 200% para las exportaciones con una disminución del 12% de la superficie. Los factores clave manejados para este crecimiento están basados en una producción más intensiva (no en una producción mejor manejada): forraje, raciones, feed lots. El escenario de máxima plantea una faena de 3.5 millones de cabezas, es decir un 50% más.

Si se intensifica la producción bajo los mismos sistemas conocidos se pasaría a una calidad de carne igual que la de otros mercados, perdiendo la posibilidad de hacer una política de diferenciación por calidad. En los 11 millones de hectáreas que quedarían con ganadería, el campo natural tendrá un cambio significativo de los componentes de biodiversidad del mismo, habrá fuentes puntuales de contaminación y sustitución por praderas o forrajes exóticos. Acompañando la intensificación, se encuentra una búsqueda de aumento de la extracción. Esto provoca que la producción sobre campo natural no sea necesariamente conservacionista del sistema. Con el aumento de los precios se han detectado grandes cargas animales para tener mayor extracción de carne, con los consiguientes impactos en el ambiente. Estos están referidos fundamentalmente a la erosión y la contaminación del agua.

### ***Crecimiento de la superficie forestada***

La forestación crecerá sobre el ecosistema pastizal. Además del impacto social, puesto que las empresas forestales en general desplazan productores ganaderos (muchos de ellos pequeños), se han demostrado otros problemas. Los dos más importantes son la modificación del ciclo hidrológico provocando una baja del escurrimiento superficial y la acidificación de los suelos donde se implanta la forestación (Céspedes-Payret et al. 2009).

El crecimiento estimado de la superficie forestal hacia el 2030 sería de 1 millón de hectáreas, centradas en los suelos de prioridad forestal y 100.000 ha nuevas a una distancia máxima de 200km de Montes del Plata, principalmente sobre los suelos 5.02b (CONEAT 1979). Este crecimiento sobre los suelos de prioridad forestal está asociado también a aptitud principalmente pastoril, de acuerdo a la clasificación de aptitud de uso utilizada en Uruguay. La espacialización de este supuesto se realizó sobre la base de la consolidación de las 4 regiones forestales actuales: Noreste, Litoral, Centro y Sureste; más la nueva región vinculada a la planta de Montes del Plata.

### ***Crecimiento de la minería***

Un cambio que surge con fuerza desde la publicación del ENE a la actualidad es la realidad de la explotación de los minerales metálicos en el Uruguay a gran escala. El contexto nacional e internacional marca una situación favorable para el incremento de las actividades mineras en el Uruguay, por un lado representan un aumento de los ingresos económicos para el país, y por el otro representan una amenaza para los ecosistemas.

Frente a la diversidad de propuestas de expansión en la actividad minera se optó por trabajar en base a los registros de solicitudes realizadas por empresas públicas y privadas frente a la Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE), que se corresponden con una superficie total de 3.200.000 ha, a diciembre de 2011. Esta superficie implica una gran variedad de situaciones, que actualmente se distribuye en 30.000 ha concesionadas, 22.000 ha en exploración y 3.150.000 ha en prospección. La espacialización de esta información se realizó en base a la información sobre la situación de las solicitudes por padrón.

### ***Expansión de la rotación trigo-soja***

El cambio principal en agricultura incorpora 1 millón de ha, que serían fundamentalmente para rotaciones cultivo de invierno- cultivo de verano, mayoritariamente trigo-soja. Los coeficientes técnicos actuales de producción para la soja implican la aplicación de Glifosato (herbicida), Endosulfán (insecticida clorado) y fertilizantes. Producto del crecimiento de la superficie prevista, cada 1.000/ha se volcarían 7 toneladas de herbicida y 0,4 toneladas de insecticida. Algunas consecuencias que pueden surgir de un impacto como este son: el Glifosato, que es considerado un disruptor endocrino (Gasnier et al. 2009), puede producir malformaciones en embriones (Paganelli et al. 2010), además de poder originar malezas resistentes a los herbicidas. El arrastre de Endosulfán (Biomagnificable) y fertilizantes a los cursos de agua pueden generar eutrofización.

Pero la consecuencia más importante es la erosión que se provoca en los suelos con este sistema que se avizora que ocupe 2 millones de ha en el año 2030. Existen evidencias que el sistema de agricultura continua soja-trigo provoca erosión en la casi totalidad de los suelos del país, incluso en aquellos sembrados con medidas conservacionistas como la siembra directa (García Prechac et al. 2010). La espacialización de este supuesto se realizó sobre la base de la consolidación de las regiones agrícolas, con la utilización de los suelos de mayor aptitud agrícola.

### ***Crecimiento intensivo del turismo de sol y playa***

*“Es previsible, por tanto, que al tiempo que se produzca una intensificación del uso de las áreas ya urbanizadas, también tenga lugar una expansión de la frontera urbanizada. Téngase en cuenta que aún existen grandes espacios aún sin urbanizar sobre la costa atlántica. Ambas tendencias, la expansión de las zonas edificadas y la intensificación del uso, conducen al aumento de la carga de turistas sobre las áreas de sol y playa. Todo lo cual posee la potencialidad de afectar negativamente los ambientes naturales de la costa atlántica aún no afectados –y/o empeorar la situación de los ya intervenidos–, en la medida que no se cuente con un marco regulatorio e institucional lo suficientemente claro, simple y efectivo que lo evite.”* (Paolino et al. 2009).

## **8.3. RESULTADOS**

### **8.3.1. Espacialización del escenario de CUCS**

La espacialización de los supuestos del modelo prospectivo trabajado, permitió representar un escenario de expansión de las principales actividades productivas. En este escenario fueron consideradas las actividades de mayor impacto e importancia territorial, forestación, agricultura y minería. En la Tabla 8.1 se presentan los resultados a escala nacional, y en la Tabla 8.2 por eco-región.

**Tabla 8.1.** Resultados prospectivos del cambio de uso del suelo.

<b>Uso</b>	<b>Superficie actual (ha)</b>	<b>Superficie escenario 2030 (ha)</b>
Minería	73.612	123.498
Agricultura	1.526.729	2.532.675
Forestación	1.048.286	2.078.782

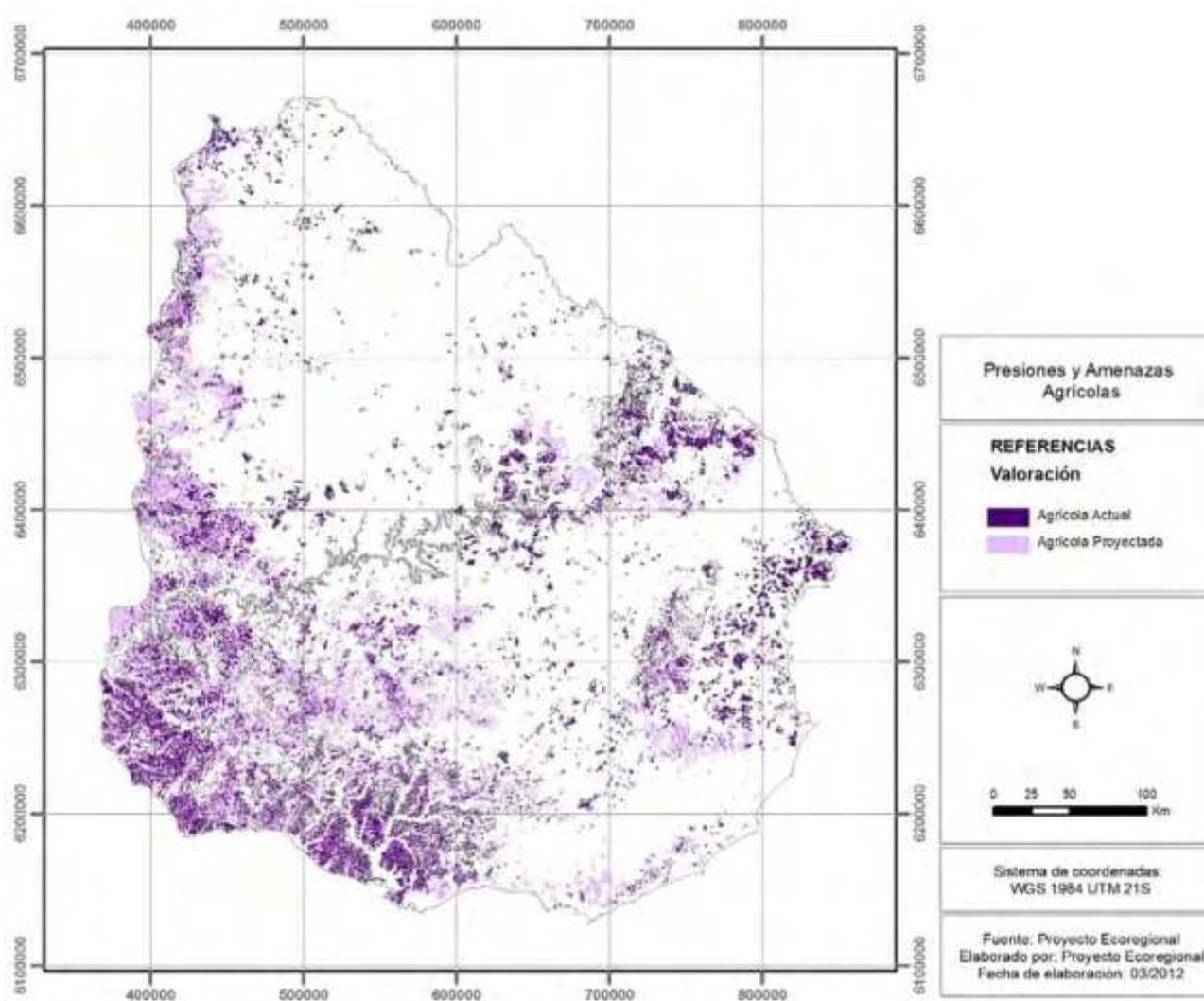
Fuente: elaboración propia.

A escala nacional estas tres actividades ocupan el 30% del territorio, pero su distribución espacial por eco-región es muy heterogénea, dependiendo de las características físicas del territorio (Fig. 8.1, 8.2 y 8.3).

**Tabla 8.2.** Resultados prospectivos del uso del suelo al 2030 según eco-región. Expresado en porcentaje de la superficie de la eco-región.

Uso	Cuenca Sedimentaria Gondwánica	Cuenca Sedimentaria del Oeste	Cuesta Basáltica	Escudo Cristalino	Graben Laguna Merín	Graben Santa Lucía	Sierras del Este
Agricultura	5,8	33,6	4,7	34,4	9,1	28,2	4,3
Forestación	16,0	18,4	4,8	8,3	5,2	2,6	30,7
Minería	0,3	0,6	0,8	0,7	0,5	0,6	0,8
<b>Total</b>	<b>22,1</b>	<b>52,6</b>	<b>10,3</b>	<b>43,4</b>	<b>14,8</b>	<b>31,5</b>	<b>35,8</b>

Fuente: elaboración propia



**Figura 8.1.** Distribución de uso agrícola: actual y proyectado según escenario 2030.

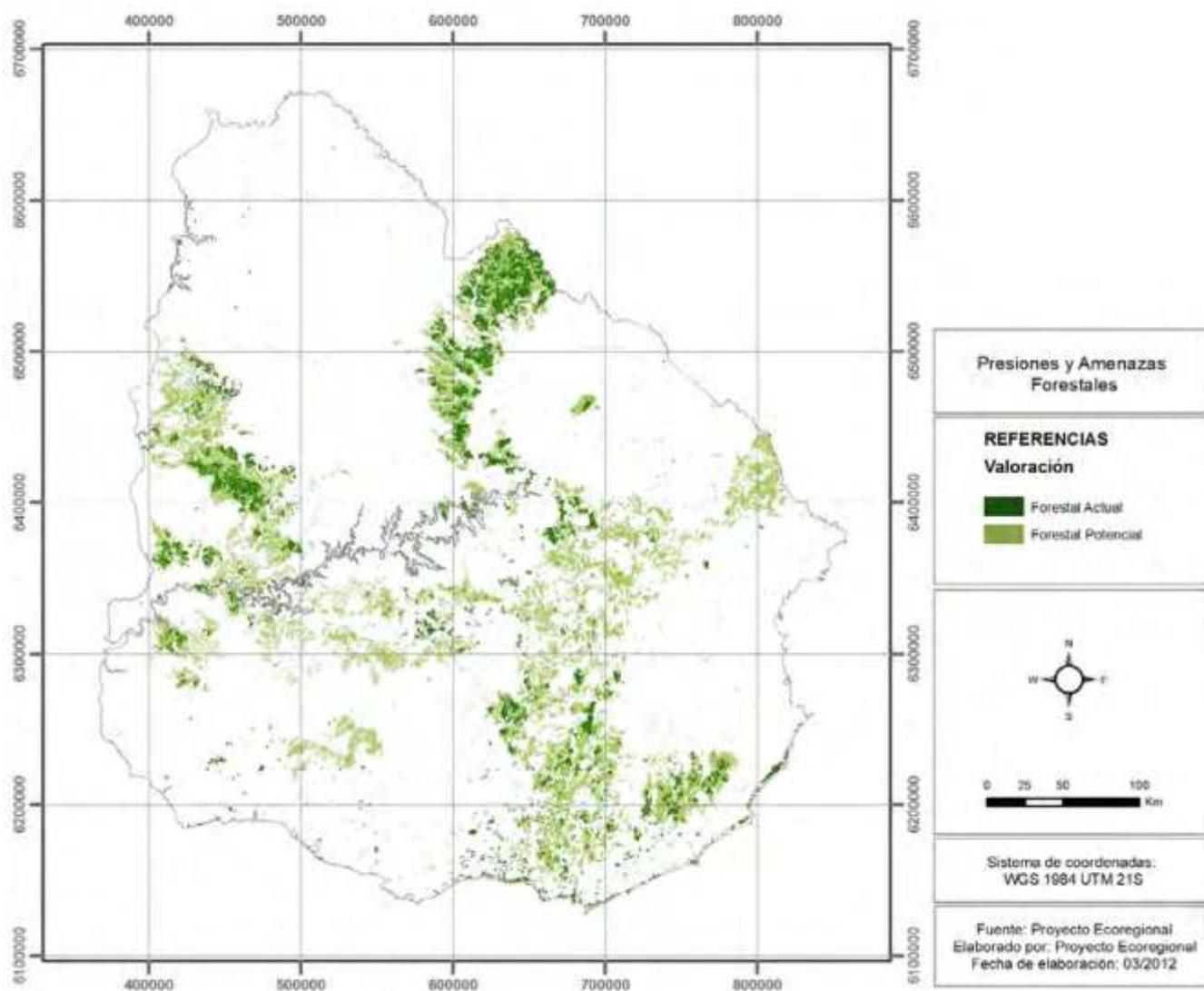


Figura 8.2. Distribución de uso forestal: actual y proyectado según escenario 2030.

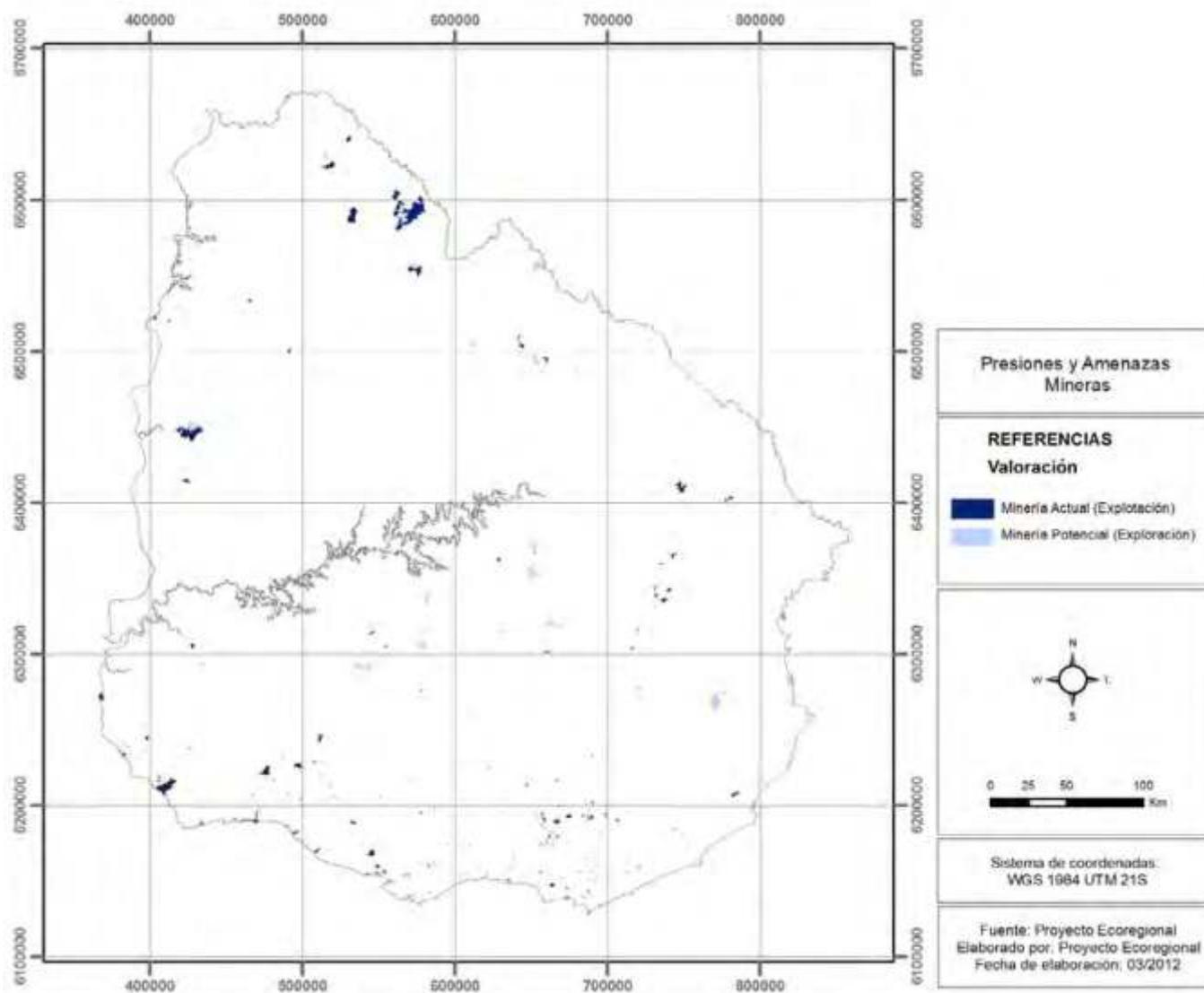


Figura 8.3. Distribución de uso minero: actual y proyectado según escenario 2030.

## 8.4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se consideró la pertinencia de las distintas propuestas sobre transformaciones productivas del Uruguay, en el mediano plazo (año 2030). A partir de esta recopilación se construyó el escenario más probable de transformación del territorio, como resultante de las variaciones de las actividades productivas en el periodo considerado. En este marco se seleccionaron tres actividades, por considerarlas como las más importantes en su capacidad de generar modificaciones territoriales significativas, ellas son la agricultura, la forestación y la minería. A partir de estas premisas se generaron una serie de supuestos que permitieron la espacialización de los escenarios al 2030.

A escala nacional se prevé que alrededor del 30% de la superficie tendrá niveles de transformación significativos como resultante de los cambios en el uso del suelo. A esta cifra hay que sumarle un 3% como superficie ocupada por espacios urbanos, grandes infraestructuras y otras actividades agrícolas intensivas.

La espacialización de los resultados permitió identificar las diferencias entre las eco-regiones en su nivel de transformación. La Cuenca Sedimentaria del Oeste es la eco-región más comprometida, proyectándose un nivel de uso del suelo intensivo superior al 50% de su superficie. En el otro extremo, la Cuesta Basáltica, es la eco-región que presenta el menor nivel proyectado de cambio en el uso del suelo, con un 10% de su superficie.

En la Tabla 8.3 se analizan en forma sintética las principales variaciones que se producirán como resultantes de los cambios en el uso del suelo, discriminando las amenazas, el riesgo y la vulnerabilidad que genera en el territorio.

**Tabla 8.3.** Resultados prospectivos del cambio de uso del suelo, amenazas, riesgos y vulnerabilidades que se generan.

Ambiente	Cambio de uso	Amenaza	Riesgo	Vulnerabilidad
Zonas con predominio de Suelos Agrícolas	Incorporación de un millón de hectáreas a la agricultura.	Suelo Descubierta.  Cultivos transgénicos.  Aplicación de paquetes con alto uso de insumos	Alteración y degradación de ambientes naturales.  Contaminación.  Resistencia de malezas a herbicidas.  Eutrofización.  Riesgo en la salud.	Erosión de suelos.  Variedades locales de maíz.  Aumento de la presencia de malezas.  Cuerpos de agua eutrofizados y contaminación química del agua.  Pobladores y escuelas rurales
Suelos de prioridad forestal y en radio de 200 km a Montes del Plata	Incorporación de un millón de hectáreas de forestación.	Modificación de ecosistemas, principalmente pastizales y bosques nativos	Alteración y degradación de ambientes naturales.  Alteración del Ciclo hidrológico.  Cambio de microclimas.  Contaminación de bosque nativo.	Acidificación de suelos. Nuevas condiciones ambientales locales. Alteración en la composición del bosque nativo.  Aumento de la frecuencia de sequías.
Ecosistema costero	Intensificación del turismo.	Urbanización.  Impermeabilización del suelo.  Grandes obras de infraestructuras.	Disminución de la biodiversidad.  Fijación de dunas.  Erosión de playas.  Contaminación de agua.  Cambio de paisaje.	Homogenización de ambientes.  Pérdida de dunas.  Pérdida de playas.  Pérdida de valoración social por las playas.  Disminución de la calidad del paisaje costero.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados prospectivos del uso del suelo por eco-región para el escenario 2030, deben ser interpretados en forma integral según las distintas eco-regiones.

**Cuenca Sedimentaria Gondwánica:** en esta eco-región la gestión del agua tiene una importancia fundamental, donde se encuentran las cuencas de captación para las represas hidroeléctricas ubicadas en el Río Negro. El 22 % de su superficie, presenta actividades que implican una importante transformación en las relaciones de evapotranspiración/infiltración/escurrimiento, lo que constituye un factor que debe ser analizado en detalle para no comprometer el funcionamiento energético nacional en el mediano plazo.

**Cuenca Sedimentaria del Oest** tradicionalmente en esta zona del país se han concentrado las producciones agrícolas ganaderas más intensivas, con un desarrollo tecnológico basado en rotaciones cultivos – praderas que permitió minimizar los procesos de degradación de los suelos. Las nuevas tendencias tecnológicas hacia la agricultura continua abarcando un tercio de la superficie total de la eco-región, implican que la mayor parte de los suelos con más potencial agrícola se mantengan con agricultura en forma permanente y a su vez que se avance sobre suelos marginales. La presión de la forestación y las actividades ganaderas redundará en una competencia por el acceso a los recursos naturales en un proceso de intensificación creciente en la eco-región.

**Cuesta Basáltica** en valores absolutos, es la eco-región donde el proceso de intensificación en el uso de los recursos naturales presenta los menores valores de superficie. Sin embargo, este 10% implica que casi la totalidad de los suelos profundos de basalto se integren a la producción agrícola. En esta eco-región el sistema tradicional de producción implicó la utilización asociada de la oferta forrajera de los suelos superficiales en forma integral con la oferta de los suelos profundos. Desarrollando de esta forma un complejo sistema de pastoreo extensivo que permitió obtener buenos resultados productivos. La utilización de los suelos profundos con destino agrícola – forestal, puede comprometer el sistema productivo ganadero de la eco-región con un importante impacto social en la misma.

**Escudo Cristalino:** es la segunda eco-región tradicionalmente agrícola del país, asociada a la producción lechera y ganadera. El importante avance de la intensificación agraria fundamentalmente agrícola y forestal, implica el desplazamiento de la lechería hacia tierras marginales y la dificultad de los pequeños productores para acceder a campos para complementar la deficiencia de tamaño de sus unidades productivas. Por otra parte el sector ganadero enfrenta la disminución de la superficie disponible con estrategias de intensificación de la producción. La discusión sobre la definición de los suelos 5.02b como de prioridad forestal puede comprometer aun mas la transformación de los ambientes en esta eco-región.

**Graben de la Laguna Merín:** en esta eco-región la expansión de la actividad agrícola se esta procesando por la integración de los cultivos de arroz y soja. Un proceso reciente de avance de los cultivos de soja sobre suelos tradicionalmente dedicados

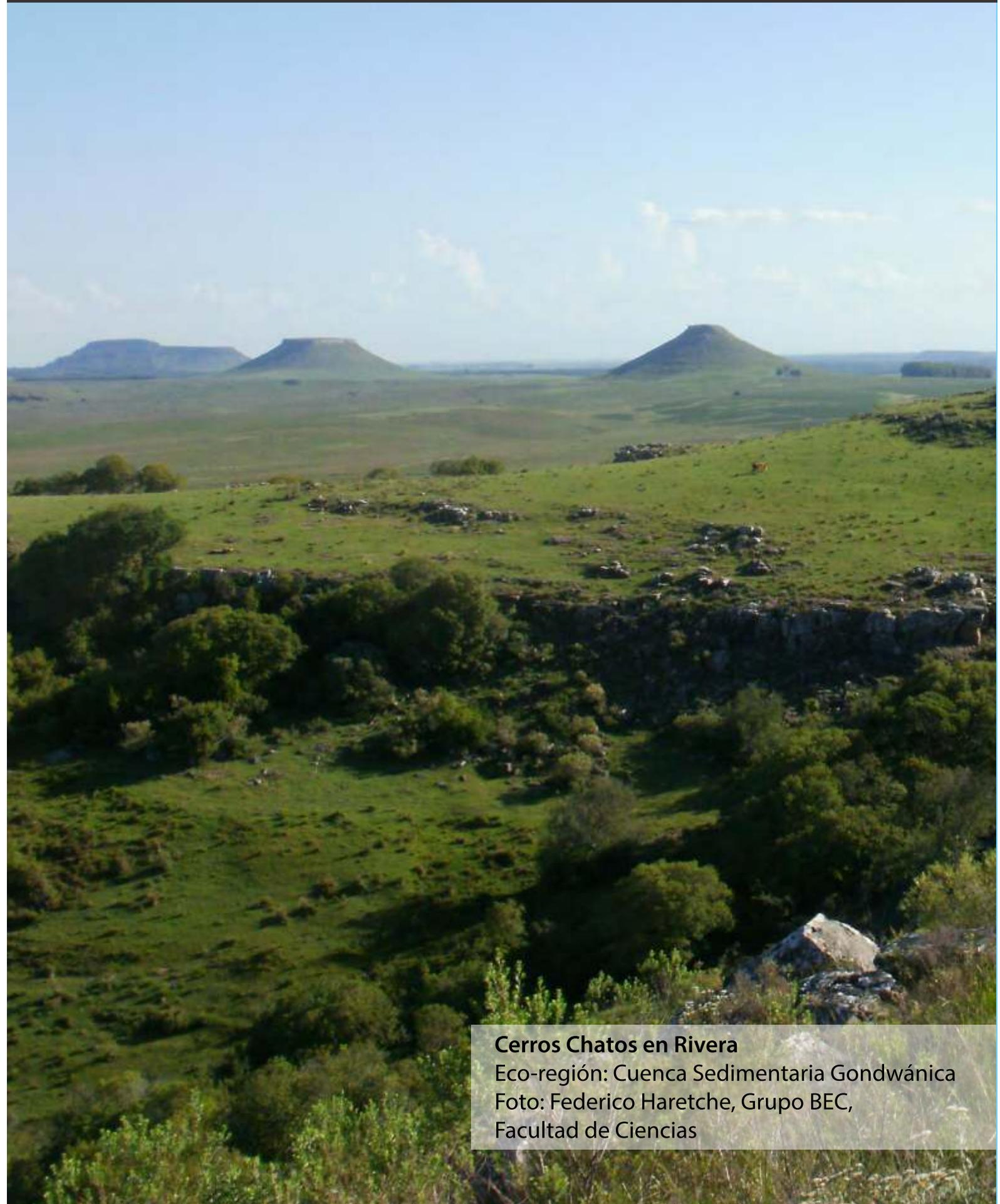
al cultivo de arroz, pero que presentan niveles de pendiente suficientes para drenar el agua del campo, lo que genera las condiciones favorables para el cultivo de soja. Por su parte, el cultivo de arroz presiona sobre nuevas áreas inundables, siendo necesaria la construcción de canales para drenar estos campos. Por otra parte, el avance de la forestación en esta eco-región se realiza en las zonas altas o cabeceras de cuenca, comprometiendo en el corto plazo la producción hídrica de la cuenca en general.

**Graben del Santa Lucía:** el desarrollo productivo de esta cuenca, se sustentó tradicionalmente en la integración de actividades hortícolas, frutícolas, lechería, agrícola y ganadería, en un mosaico de producciones que se asocia a la ubicación relativa de la cuenca en el entorno del área metropolitana. En el escenario prospectivo las actividades agrícolas aumentan su importancia restringiendo a la producción hortícola frutícola a las áreas especializadas en algunas zonas específicas. Por otra parte se procesa un desplazamiento de la lechería hacia zonas marginales y se asocia la agricultura con la ganadería, que pasa a tener importancia relativa en la cuenca con la aparición de establecimientos dedicados a la producción intensiva (feed lot). El avance de la forestación se presenta fundamentalmente en las nacientes de la cuenca (zonas de sierras) donde se presenta la mayor parte de la producción hídrica de la cuenca. La situación de la cuenca es especialmente compleja por la producción de agua potable (abastecimiento del 60% de la población del país) y el abastecimiento de agua a una parte importante de la producción industrial del país.

**Sierras del Este:** el escenario prospectivo indica que casi un tercio de la superficie de esta eco-región sería ocupada por forestación, en una de las zonas con mayor importancia de bosques serranos y que comprende las nacientes de las principales cuencas hídricas del país. La actividad minera es especialmente significativa, la que puede llegar a generar fragmentaciones y discontinuidades en la eco-región. La agricultura presenta un crecimiento, que si bien es reducido en superficie abarca casi la totalidad de los suelos con potencial agrícola de la eco-región. Si bien esta es una zona del país que presenta un importante nivel de "naturalidad" en la actualidad, se enfrenta a un proceso acelerado de reducción y fragmentación de áreas naturales y la generación de discontinuidades espaciales.



# IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE CORREDORES DE CONSERVACIÓN



**Cerros Chatos en Rivera**

Eco-región: Cuenca Sedimentaria Gondwánica

Foto: Federico Haretche, Grupo BEC,  
Facultad de Ciencias

# 9

## IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE CORREDORES DE CONSERVACIÓN

Ofelia Gutiérrez, Daniel Panario, Marcel Achkar, Lucía Bartesaghi y Alejandro Brazeiro

### PRESENTACIÓN

En este capítulo se sintetizan los principales resultados del informe técnico elaborado por Gutiérrez et al. (2012). En este estudio se realiza una primera aproximación a la delimitación de los principales corredores ecológicos de Uruguay, en el marco de la sexta etapa del proceso de planificación eco-regional de Uruguay (i.e., Análisis de Corredores, ver Capítulo 2).

### 9.1. INTRODUCCIÓN

Las áreas protegidas constituyen la principal y más difundida herramienta de conservación en nuestros tiempos. A pesar del fuerte impulso que ha tomado en los últimos años la creación de reservas (Naughton et al. 2005), y del reconocimiento de su valor como instrumento de conservación, se ha llegado a la conclusión de que no es suficiente para mitigar la pérdida acelerada de biodiversidad. Hoy se reconoce que los espacios protegidos aislados no garantizan por sí mismos el mantenimiento de la biodiversidad, y que es necesario gestionar con un enfoque conservacionista, territorios fuera de las áreas protegidas, y en particular aquellos que funcionan como conectores de las áreas de alto valor (Beier & Noss 1998, Bennett 1999). Estos conectores resultan esenciales para mitigar los efectos del aislamiento causado por la fragmentación del hábitat (Kattan 2002).

Actualmente existe una aceptación generalizada respecto a importancia de la mantención de la conectividad de los paisajes para aumentar la viabilidad de las poblaciones de muchas especies (Noss 1987). Los corredores según Koleff & Naranjo (2008) pueden definirse como elementos lineales de hábitat que conectan físicamente los fragmentos o áreas de conservación, de manera que las especies pueden trasladarse entre ellos. Resultan necesarios sobre todo para aquellas especies que están restringidas a los fragmentos y se ven impedidas de cruzar la matriz. La implementación o preservación de corredores es una manera de proveer la conexión. Otras especies son capaces de cruzar la matriz (o incluso utilizarla temporal o permanentemente), en cuyo caso la “conectividad” depende de los tipos de hábitat que la componen y de la distancia entre fragmentos.

El desarrollo de las teorías de biogeografía de islas y de metapoblaciones (MacArthur & Wilson 1967, Levins 1970) demostró que las reservas no suelen ser suficientemente grandes como para mantener poblaciones viables de algunas especies si no existe una alta conectividad que permita la interacción entre parches. Esta situación se ve agravada en la actualidad como consecuencia del Cambio Climático, que obliga a las especies a migrar en procura de mantener las condiciones del hábitat. Esta migración, tanto altitudinal cuando las condiciones del relieve lo permiten, como latitudinal, suele verse impedida por la fragmentación del hábitat vinculada al cambio de Uso del Suelo.

La visión de conservación de espacios protegidos aislados, ha ido migrando en la actualidad hacia una visión de redes ecológicas de conservación (Beier & Noss 1998, Noss 2004). Se cuestionan así los conceptos clásicos de núcleos, parches, áreas buffer y corredores, y gana aceptación el concepto de red de conservación. Estas redes implican el ordenamiento territorial a diferentes escalas (regional, nacional y local), y están compuestas de espacios con suficiente "naturalidad" para que los ecosistemas mantengan sus funciones conectadas por corredores amplios, donde los usos humanos son compatibles con los necesarios flujos ecológicos.

Un claro ejemplo de este enfoque está dado por la Red PEEN (*Pan European Ecological Network*) que incluye áreas de conservación estricta, buffer y corredores, con grandes esfuerzos para la restauración de ecosistemas que han incluido el estímulo al abandono de áreas agrícolas degradadas para su restauración ecosistémica. Para estas iniciativas la comunidad europea estimula a destinar al menos el 30% del territorio de los países de la unión con esta finalidad (Boitani et al. 2007, Jongman et al. 2004, 2011).

En este trabajo se desarrolló una propuesta de red de conservación con el objetivo de promover la conectividad entre las áreas de mayor relevancia ecológica de Uruguay, a nivel nacional y eco-regional. A los efectos de avanzar en la generación de una red de conservación, acorde al conocimiento que en Uruguay se posee del comportamiento de las especies, en el presente trabajo se utiliza el concepto de "conector" (Bennett 1999), por responder más que a la posibilidad de migración y conexión de especies paradigmáticas o "paraguas" (*umbrella species*). Los conectores apuntan a dar la máxima amplitud de posibilidades a especies con muy diferentes requerimientos de hábitat, no se trata de estructuras lineales, sino que los mismos están definidos por amplias superficies con algún grado de protección, y por otras áreas que debieran tenerla. Así, un conector debe estar conformado por superficies amplias que mantengan un alto grado de naturalidad. Una estrategia posible es aprovechar la conectividad que puedan proveer áreas que ya tengan algún tipo de protección legal (para el caso de Uruguay, los bosques naturales, las Áreas Protegidas ya integradas al SNAP o en vías de integración, los humedales Ramsar, los 250 metros de la zona de defensa costera, etc.).

## 9.2. APROXIMACION METODOLÓGICA

Se consideraron dos escalas espaciales: (a) escala nacional, donde se establecieron los grandes conectores responsables del vínculo ecológico con la región; y (b) escala eco-regional (según eco-regiones definidas en el Capítulo 4), donde se prioriza la posibilidad de penetración en el territorio de las especies que se encuentran en su límite de distribución, así como la conservación de las poblaciones ya distribuidas en el territorio. Cabe destacar que es recomendable profundizar este trabajo en el futuro, con un análisis de mayor resolución espacial que permita delimitar los conectores de escala local (ver García 2008). Dichos conectores responden a intereses específicos de una comunidad local y pueden abarcar desde redes urbanas hasta caminería rural o divisiones entre campos o potreros, cortafuegos en plantaciones forestales, etc. Este tercer nivel de análisis trasciende los objetivos del presente trabajo, por lo que no es considerado aquí.

### 9.2.1. Conectores de escala nacional

Para establecer los grandes conectores de particular interés frente al cambio climático se decidió tener en cuenta aquellas estructuras del paisaje que han funcionado como los corredores que han permitido la dispersión de especies a nuestro país desde regiones vecinas, y que son observables en el territorio a una escala de análisis bio-geográfico. Desde esta perspectiva se han identificado 4 grandes sistemas de conectores, a saber:

**Valle del Río Uruguay:** ha permitido la dispersión a nuestro país de varias especies subtropicales, como por ejemplo árboles (e.g., lapach *Tabebuia ipê*, ingá *Inga uruguensis*) y sangre de drago [*Croton urucurana* Baill] (Sganga et al. 1984a, 1984b) y aves (Nores et al. 2005).

**Valle del Río Negro:** ingresa al país desde el sur de Brasil, con especies provenientes desde el norte y el noreste, conectando el Bosque Paranaense con el Río Uruguay. Cabe destacar que el sistema de represas seguramente afecte en algún grado la conexión.

**Costa Platense-Atlántica:** comprende la Costa del Río de la Plata y del Océano Atlántico, y ha recibido influencia tanto riograndense (helechos arborescentes, flor de azúcar, etc.), como paranaense, claramente observable en la composición florística de los Humedales del Este (Inés Malvarez *com. pers.*). Además la Costa del Río de la Plata y del Océano Atlántico, continúa siendo un corredor muy importante para aves migratorias como lo muestra la densidad del registro en esa estrecha faja de territorio. Este conector naturalmente incluye los humedales y lagunas costeras particularmente en los departamentos de Canelones, Maldonado y Rocha.

**Sierras del Este:** incluye los relieves de mayor altura y pendiente del territorio. Los relieves enérgicos suelen ser seleccionados como corredores por disponer de nichos aptos para migraciones verticales y horizontales y por ser áreas en general mejor conservadas por su difícil acceso y sus servicios ecosistémicos, vinculados al

mantenimiento del ciclo hidrológico. En el caso uruguayo, representa el corredor por donde ingresaron al país elementos florísticos de la “Mata atlántica” (Brussa & Grela 2007). Más allá de que quede comprendido al interior de una eco-región, su rol es de suma importancia en la conexión de diversas áreas, dado que no sólo su influencia se extiende espacialmente por un área mayor (es una importante divisoria de aguas), sino que entre otras razones, probablemente permitió mantener relictos de biodiversidad que las condiciones climáticas del territorio no permitían.

## 9.2.2. Conectores eco-regionales

La selección de conectores se realizó focalizando en los siguientes hábitats:

*(a) Bosque ripario y ecotono bosque-parque arbolado-pradera, de los principales ríos y sus afluentes:* Corredor natural por excelencia que protege el flujo de agua, alberga una muy alta diversidad para su limitada superficie, y en general está relativamente bien conservado. Permiten conectar varias de las áreas protegidas del Sistema Nacional.

*(b) Comunidades de pastizal:* en todo el país, pero particularmente en las eco-regiones Cuesta Basáltica y Escudo Cristalino, constituyen el ambiente matriz, relativamente bien conservado. Por otra parte, son ambientes mal representados en el SNAP, y poco ponderados en los estudios de priorización del país. En el Escudo Cristalino estas comunidades están sumamente amenazadas por la expansión de la agricultura. En ellas el análisis de conectividad se enfocó en darle continuidad de hábitat a las comunidades identificadas y mapeadas por Altesor et al. (2010), Lezama et al. (2011) y Baeza et al. (2011) dentro de la eco-región. Si bien en la Cuesta Basáltica estas comunidades aun no se consideran gravemente amenazadas (uso pastoril extensivo), por su importancia ecológica también se propone incluirlas.

Inicialmente se definieron como conectores eco-regionales, los tramos eco-regionales de los conectores nacionales (Valle del Río Uruguay, del Río Negro, Costa Platense-Atlántica). A estos se les unieron, en función de la continuidad espacial, las Áreas Protegidas, Lagunas y Embalses, Bosques Naturales, Humedales y Pastizales.

## 9.3 METODOLOGÍA

El análisis se montó sobre el territorio nacional dividido en un sistema de grilla con 177.708 celdas 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. (2012c). 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 ubicadas (Fig. 9.1).

**(b) Valle del Río Negro:** Fueron seleccionadas las celdas de ambos 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 la 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 eco-regionales. 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 la Laguna Merín, Humedales de Farrapos y de Villa Soriano, en la Cuenca Sedimentaria del Oeste, y Humedales del Santa Lucía (Graben del Santa Lucía). En 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 las unidades CONEAT arenosas (CONEAT 1979) y 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 unidades CONEAT del Grupo 1 (CONEAT 1979) 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 (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, pertenecientes a unidades CONEAT del grupo 10 (CONEAT 1979) considerando la integración de los principales pastizales representativos de los suelos de texturas finas 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) Lagos 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.*

## 9.4 RESULTADOS

La red propuesta de conectores, incluyendo conectores nacionales (Fig. 9.1) y eco-regionales (Fig. 9.2), cubre una superficie total de 7.003.400 ha, aproximadamente un 40% del territorio nacional (Tablas 9.1 y 9.2). En esta red, la superficie correspondiente a los sitios de máxima prioridad de conservación, identificados por Brazeiro et al. (2012b), cubren 1.882.200 ha. Cabe destacar que una fracción de esta propuesta de red de conectores ya cuenta con 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), las Lagunas y Embalses (~1%, 65.100 ha) y parte de los Bosques Naturales y Humedales (~44%, 3.093.700 ha). Sin embargo, los Bosques Naturales mantienen una importante superficie sin protección, principalmente en las Sierra del Este (Conector nacional Sierra del Este, ~1.350.500 ha, Tabla 9.2), dominado por bosques y matorrales serranos que no tienen la debida protección. Por tanto la mayor parte del área propuesta (69%) aun no tiene protección.

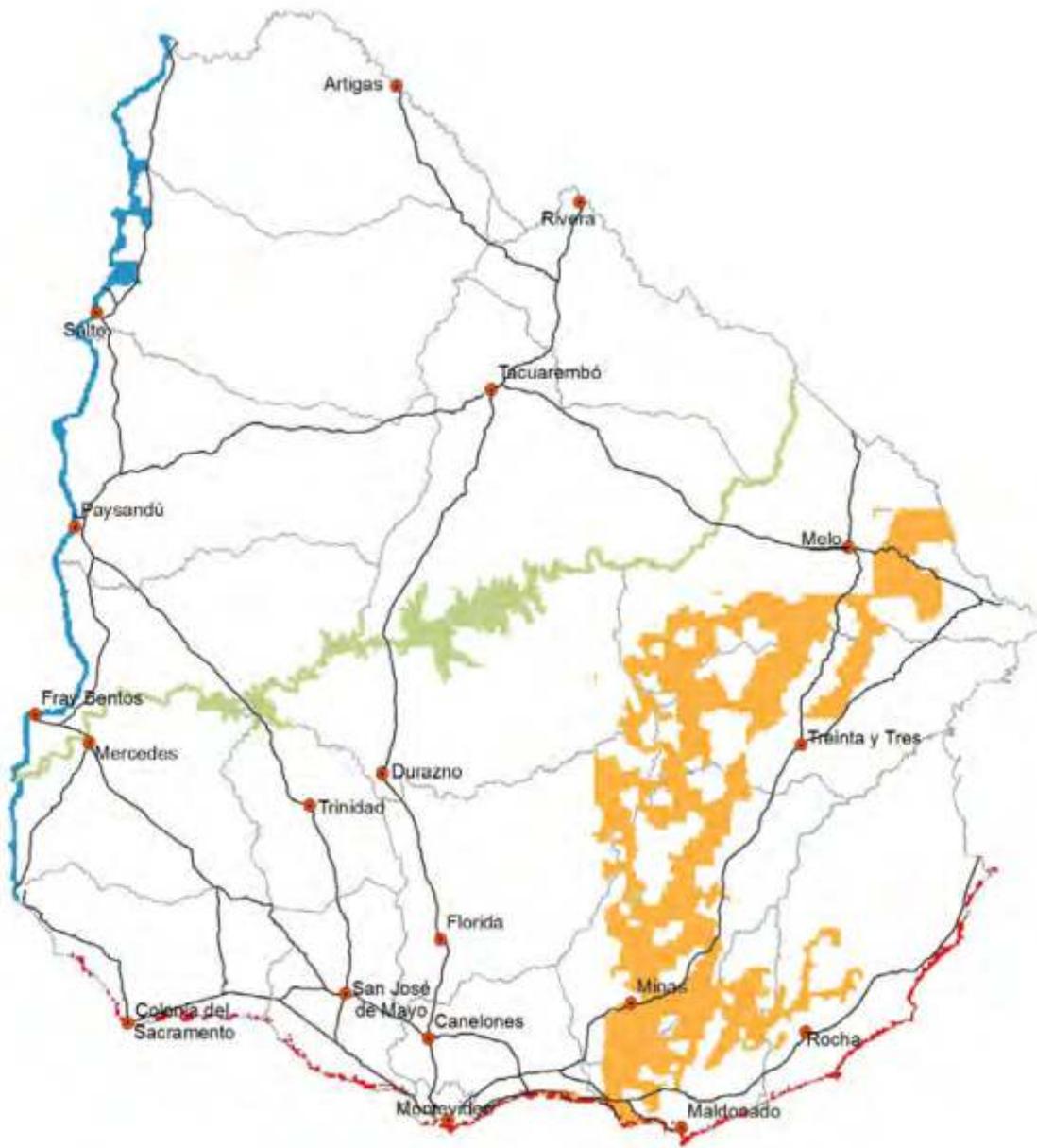


Figura 9.1. Conectores nacionales para la conservación de la biodiversidad en Uruguay.

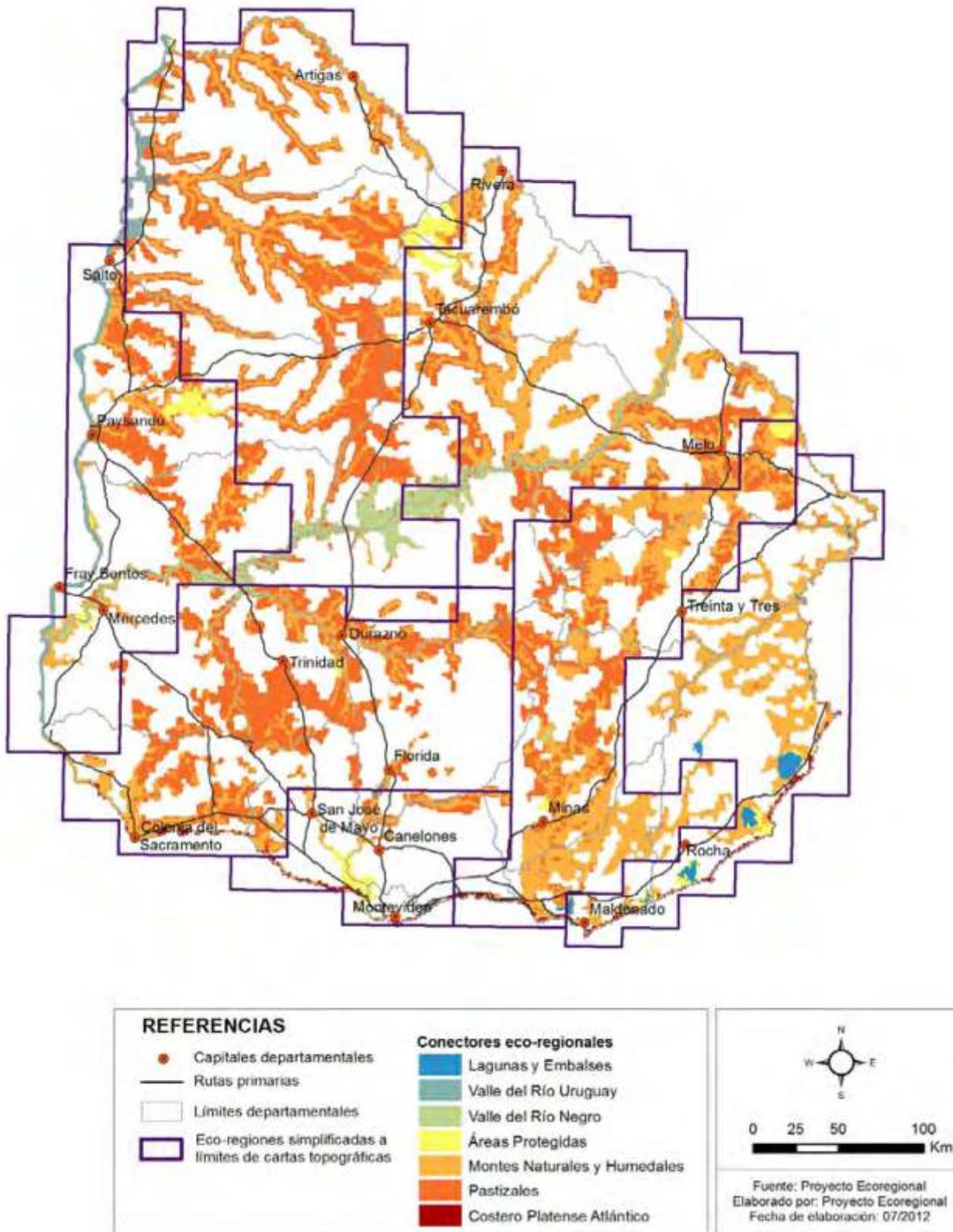


Figura 9.2. Conectores eco-regionales para la conservación de la biodiversidad en Uruguay.

**Tabla 9.1.** Conectores nacionales para la conservación de la biodiversidad de Uruguay.

<b>Conectores Nacionales</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>% respecto al área total de conectores</b>	<b>% respecto a la superficie total del territorio</b>
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
<b>TOTAL</b>	<b>1.922.000</b>	<b>100,0</b>	<b>11,0</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 9.2.** Conectores eco-regionales para la conservación de la biodiversidad de Uruguay.

<b>Conectores Eco-regionales</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>% respecto al área total de conectores</b>	<b>% respecto a la superficie total del territorio</b>
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
Bosques Naturales y Humedales	3.093.700	44,2	17,7
Pastizales	3.078.500	44	17,6
Costero Platense Atlántico	81.700	1,2	0,5
<b>TOTAL</b>	<b>7.003.400</b>	<b>100,0</b>	<b>40,1</b>

Fuente: elaboración propia

#### 9.4.1. 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, con un porcentaje que fluctúa entre un 17 y un 50% de su territorio (Tabla 9.3).

**Tabla 9.3** 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
<b>AREA TOTAL DE CONECTORES</b>	<b>7.003.400</b>	<b>100,0</b>	<b>-----</b>

Fuente: elaboración propia

## 9.5. DISCUSIÓN

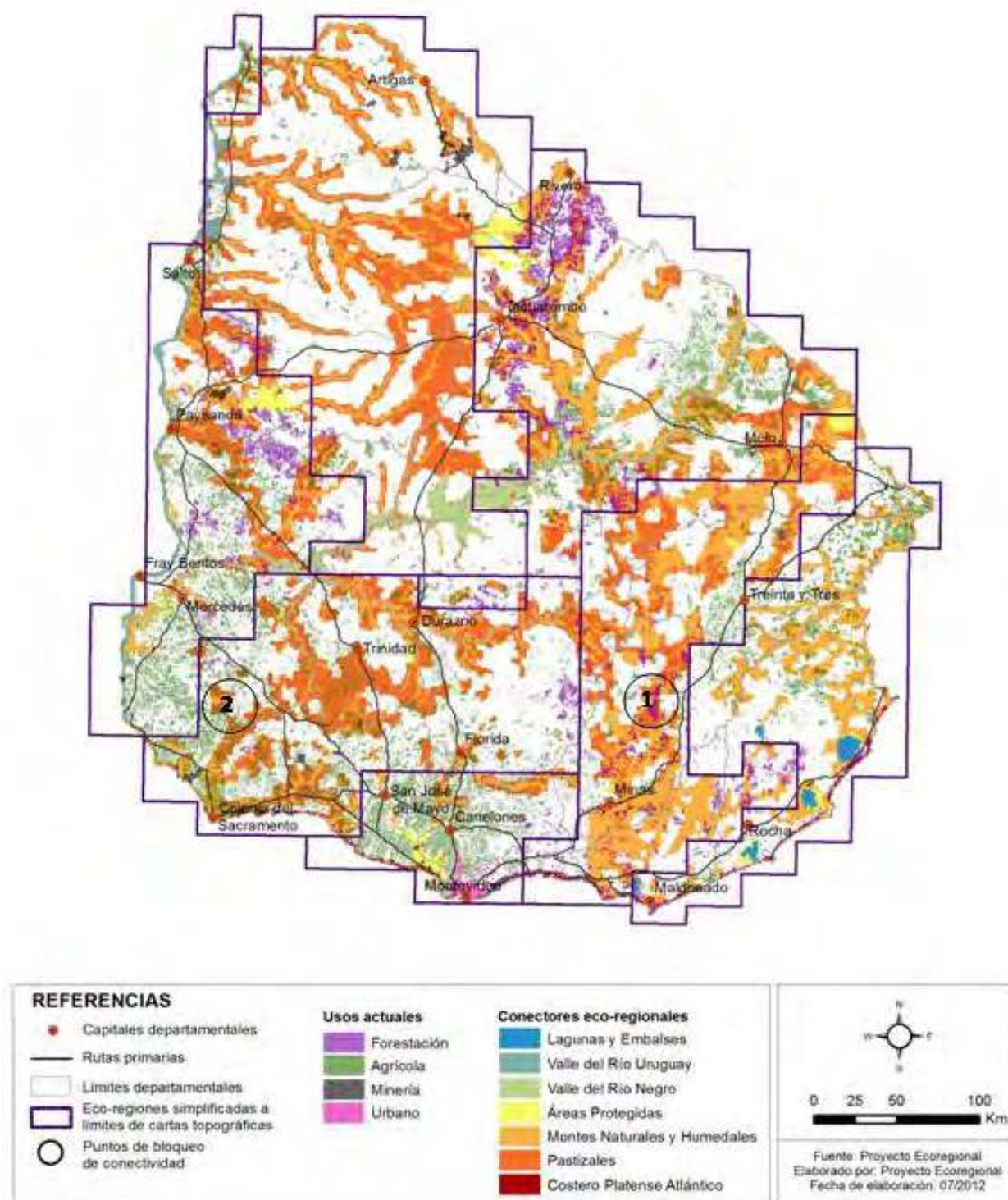
### 9.5.1. Afectaciones actuales a la red de conectores propuesta

La situación actual de uso del suelo, aún no ha generado interrupciones de gran significancia en los conectores propuestos (Fig. 9.3). Si bien la afectación general del sistema de conectores no sobrepasa las 243.100 ha (3,5%) por agricultura y las 487.400 ha (7%) por forestación, en algunos puntos el impacto en la conectividad podría ser particularmente significativo.

El conector más afectado es el Costero Platense Atlántico, que además de la urbanización, tiene un 14% de interrupción por forestación y 6,4% por agricultura. Las urbanizaciones, principalmente en el área metropolitana, constituyen la interrupción principal del conector Costero Platense Atlántico. En la zona atlántica, especies invasoras, como *Acacia longifolia* y *Carpobrotus edulis* (Uña de gato, Garra de León) (Masciadri et al. 2010), podrían afectar la conectividad entre la playa y la duna primaria para algunas especies.

El conector de Pastizales también estaría afectado por la forestación (4,3%) y por agricultura (8,9%). El Valle del Río Uruguay está afectado mayoritariamente por agricultura (9,8%). Las represas y embalses en el Río Negro y en el Río Uruguay, constituyen sin lugar a dudas alteraciones capaces de limitar la conectividad, especialmente para la fauna acuática y riverense.

Se insinúan trabas a la conectividad en Sierras del Este por efectos de la forestación (Fig. 9.3 punto 1), y en el departamento de Colonia por agricultura (Fig. 9.3 punto 2), en zonas ocupadas por distintas comunidades de pastizales (Baeza et al. 2011).



**Figura 9.3.** Barreras actuales a la conectividad biológica en Uruguay, asociadas a la agricultura, forestación y minería. Se mapean los usos actuales del suelo (Capítulo 8) sobre la Red de Conectores propuesta para la conservación de biodiversidad del país.

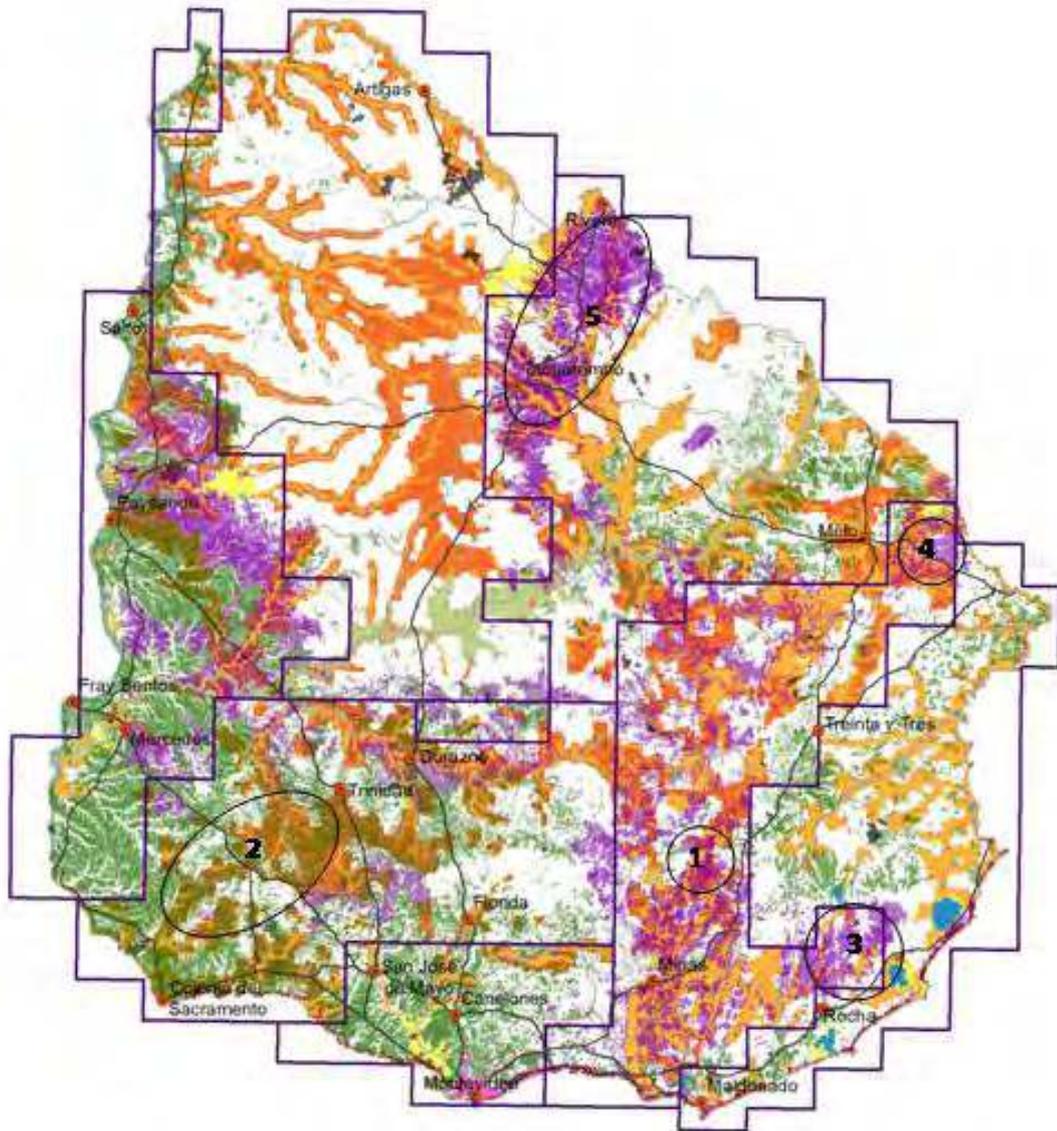
### 9.5.2. Afectaciones futuras a la red de conectores propuesta

El análisis de la distribución espacial esperada para la agricultura, ganadería y minería en el 2030, según el escenario desarrollado por Achkar et al. (2012, Capítulo 8), sugiere que la superficie de afectación de la red de conectores pasaría de 3,5% a 13,5%, alcanzando las ~944.000 ha (Fig. 9.4). La agricultura implicaría una afectación del 27,7%, alcanzando ~1.900.000 ha. La forestación afectaría fuertemente al sistema de conectores, particularmente el conector de Áreas Protegidas. De no consolidarse la implementación de las áreas en proceso de ingreso al SNAP, la afectación alcanzaría el ~14%. La afectación a Bosques Naturales y Humedales sería de 13,5%, sobre Pastizales 15%, y sobre el conector Costero Platense Atlántico 14%.

La agricultura por su parte también afectaría en un ~16% a las Áreas Protegidas. El impacto de su expansión sobre los pastizales llegaría a un 35,4%, sobre los Bosques Naturales y Humedales sería un 20%, y sobre el conector Costero Platense Atlántico un 20,3%. Sin embargo el conector más afectado sería el Valle del Río Uruguay, que sería afectado en un 60,3%.

Considerando el escenario de expansión futura de la forestación (Figura 9.4), surgen varios sectores problemáticos para la conectividad. En un área de singular importancia por su diversidad (Brussa & Grela 2007), puede observarse una zona de bloqueo en el centro de la Sierra del Este (ver Fig. 9.4 punto 1), así como en sectores al SE y NE de dicho conector (puntos 3 y 4). En la zona Norte (Tacuarembó – Rivera) la densidad de la forestación esperable (punto 5) es de tal magnitud que limitará seriamente el valor de los conectores de escala eco-regional vinculados. Si bien la densidad de la forestación es muy alta en algunos sectores de la eco-región Cuenca Sedimentaria del Oeste (punto 2), al no involucrar divisorias de agua de primera magnitud es esperable un efecto menos perjudicial sobre los conectores.

El principal problema en el mediano plazo lo constituye la agricultura sobre los pastizales valiosos de la eco-región del Escudo Cristalino, que como se expresó anteriormente coincide con suelos de clara aptitud agrícola, y que por tanto en el escenario 2030 estarán totalmente comprometidos (Fig. 9.4), si no se implementan políticas para su conservación.



**Figura 9.4.** Barreras futuras (escenario 2030) a la conectividad biológica en Uruguay, asociadas a la agricultura, forestación y minería. Se mapean los usos del suelo según el escenario 2030 (Capítulo 8), sobre la Red de Conectores propuesta para la conservación de biodiversidad del país.



# ANEXO BIBLIOGRAFICO

## Informes principales del Proyecto “Bases para la Planificación Ecoregional de Uruguay”

- Achkar M, Brazeiro A y Bartesaghi L (2012a): Principales amenazas para la conservación de la biodiversidad de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 21p.
- Achkar M, Blum A, Bartesaghi L y Ceroni M (2012b): Escenarios de cambio de uso del suelo en Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 24p.
- Brazeiro A, Aldabe J, Haretche 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 – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 48p.
- Brazeiro A, Achkar M, Bartesaghi L, Ceroni M, Aldabe J, Carreira S, Duarte A, González E, Haretche F, Loureiro M, Martínez JA, Maneyro R, Serra S y Zarucki M (2012a): Distribución potencial de especies de Uruguay: vertebrados y leñosas. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 47p.
- Brazeiro A, Panario D, Soutullo A, Gutiérrez O, Segura A y Mai P (2012b): 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.
- Brazeiro A, Soutullo A y Bartesaghi L (2012c): Prioridades de conservación dentro de las eco-regiones de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 52p.
- Gutiérrez O, Panario D, Achkar M y Brazeiro A (2012): Corredores biológicos de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 31p.
- Panario D, Gutiérrez O, Achkar M, Bartesaghi L y 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. 149p.
- Soutullo A, Bartesaghi L, Achkar M, Blum A, Brazeiro A, Ceroni M, Gutiérrez O, Panario D y 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. 20p.

## Bibliografía general

- Achkar M, Domínguez A & Pesce F (2004): Diagnóstico socioambiental participativo en Uruguay. Tomate Verde Ediciones, Montevideo. 157p.
- Albert JS, Petry P & Reis RE (2011): Major Biogeographic and Phylogenetic patterns. Pp. 21-57, In: Albert JS & Reis RE (eds.), Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes. University of California Press, California.
- Altesor A, Baeza S, Gallego F, Lezama F & Paruelo J (2010): La variación florística de los pastizales de

las principales regiones ganaderas del Uruguay. Informe Técnico. Convenio Vida Silvestre Uruguay – Grupo Ecología de Pastizales (Facultad de Ciencias), Montevideo.13p.

- Andrade-Núñez M & Aide M (2010): Effects of habitat and landscape characteristics on medium and large mammal species richness and composition in northern Uruguay. *Zoologia* 27(6):909-916.
- Arballo E & Cravino JC (1999): Aves del Uruguay, Manual Ornitológico. Vol. I. Edit. Hemisferio Sur, Montevideo, 466p.
- Aspiroz AB (2001): Aves del Uruguay. Lista e introducción a su biología y conservación. Aves Uruguay – GUPECA, Montevideo. 104p.
- Baeza S, Gallego F, Lezama F, Altesor A & Paruelo JM (2011): Cartografía de los pastizales naturales en las regiones geomorfológicas de Uruguay predominantemente ganaderas. Pp. 33-54, In: Altesor A, Ayala W & Paruelo JM (eds.), Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales. INIA, Montevideo. (Serie FPTA, Nº 26).
- Baeza S, Paruelo JM & Altesor A (2006): Caracterización funcional de la vegetación del Uruguay mediante el uso de sensores remotos. *INCI* 31(5):382-388.
- Bailey RG (2009): *Ecosystem Geography: From Ecoregions to Sites*. (2da. ed.), Springer, New York. 251p.
- Beier P & Noss RF (1998): Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12:1241–1252.
- Bennett AF (1999): *Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation*. IUCN. Gland, Cambridge.
- Bittencourt G (Coord) (2009): *Estrategia Uruguay III Siglo. Aspectos Productivos*. Documento para discusión. Oficina de Planeamiento y Presupuesto Presidencia de la República (OPP), Montevideo.135p.
- Boitani L, Falcucci A, Maiorano L & Rondinini C (2007): Ecological Networks as Conceptual Frameworks or Operational Tools in Conservation. *Conservation Biology* 21:1414–1422.
- Brazeiro A, Achkar M, Canavero A, Fagúndez C, González E, Grela I, Lezama F, Maneyro R, Bartesaghi L, Camargo A, Carreira S, Costa B, Núñez D, da Rosa I. & Toranza C (2008): Prioridades geográficas para la conservación de la biodiversidad terrestre de Uruguay. Resumen ejecutivo. Proyecto PDT 32-26. Disponible en: [http://www.universidadur.edu.uy/retema/archivos/PrioridadesGeograficasConservacion\\_2008.pdf](http://www.universidadur.edu.uy/retema/archivos/PrioridadesGeograficasConservacion_2008.pdf)
- Brazeiro A, Rivas M, García F, Guchin M, Martínez G, Pardo F, Cantón V & Aguerre A (2007): Uruguay y la Convención sobre Diversidad Biológica. Avances y Desafíos. Publicación Electrónica DINAMA/PNUD/GEF. <http://www.mvotma.gub.uy/dinama/>
- Brussa C & Grela I (2007): *Flora Arbórea del Uruguay*. Con énfasis en las especies de Rivera y Tacuarembó. Cofusa, Montevideo. 544p.
- Burmida M (2011): *Invasiones biológicas en bosques fluviales del sur de Uruguay*. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias.
- Cabrera L & Willink A (1973): *Biogeografía de América Latina DC: Programa regional de desarrollo científico y tecnológico*. Departamento de asuntos científicos, Secretario General de la Organización de los Estados Americanos, Washington. 120p. (Monografía No. 13. Serie de Biología).
- Canavero A, Carreira S, Langone JA, Achaval F, Borteiro C, Camargo A, da Rosa I, Estrades A,

- Fallabrino A, Kolenc F, López-Mendilaharsu MM, Maneyro R, Meneghel M, Nuñez D, Prigioni CM & Ziegler L (2010): Conservation status assessment of the amphibians and reptiles of Uruguay. *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre 100(1):5-12.
- Cardona O (2001): La necesidad de repensar de manera Holística los conceptos de Vulnerabilidad y Riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión. In: Internacional Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice, junio, Disaster Studies of Wageningen University and Research Centre, Wageningen. Disponible en [http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr\\_may-08-2003.pdf](http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr_may-08-2003.pdf)
- Ceballos G, Rodríguez P & Medellín RA (1998): Assessing conservation priorities in megadiverse Mexico: mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Ecological Applications* 8:8-17.
- Céspedes-Payret C, Piñeiro G, Achkar M, Gutierrez O & Panario D (2009): The irruption of new agro-industrial technology 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, Walker B, Hobbs R, Hoper D, Lawton J, Sala O & Tilman D (1997): Biotic control over the functioning of ecosystems. *Science* 277:500-504.
- Chebataroff J (1942): La vegetación del Uruguay y sus relaciones fitogeográficas con la del resto de la América del Sur. *Revista Geográfica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México*: 50-90.
- Chebataroff J (1960): Algunos aspectos evolutivos de la vegetación de la Provincia Fitogeográfica Uruguayense. *Revista Nacional, Montevideo* 201:1-18.
- CONEAT (1979): Grupos de Suelos. Índices de Productividad. Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra, Ministerio de Agricultura y Pesca, Montevideo. 167p.
- Cowling RM, Knight AT, Faith DP, Ferrier S, Lombard AT, Driver A, Rouget M, Maze K & Desmet PG (2004): Nature conservation requires more than a passion for species. *Conservation Biology* 18:1674-1676.
- D'Antonio C, Meyerson LA & Denslow J (2001): Exotic species and conservation. Pp. 59-80, In: Soulé ME & Orians GH (eds.), *Conservation Biology Research Priorities for the Next decade*. Island Press, Washington DC.
- DINAMA (1999): Propuesta de Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica en el Uruguay. Informe Proyecto URU96/G31, MVOTMA/PNUD, Montevideo. 112p.
- Dinerstein E, Olson D, Graham DJ, Webster AL, Primm SA, Bookbinder MP & Ledec G (1995): A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. Published in association with The World Wildlife Fund and The World Bank. Washington, DC. 129p.
- 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. 250p.
- Diniz-Filho JA, Bini LM, Vieira CM, Souza MC, Bastos RP, Brandão D & Oliveira LG (2004): Spatial patterns in species richness and priority areas for conservation of anurans in the Cerrado

region, Central Brazil. *Amphibia-Reptilia* 25:63-75.

- 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. Dirección de Suelos. Ministerio de Agricultura y Pesca, Montevideo. 272p.
- Dirección de Suelos y Fertilizantes (1976): Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000, y Leyenda que la acompaña. Dirección de Suelos y Fertilizantes. Ministerio de Agricultura y Pesca, Montevideo.
- Dufrêne M & Legendre P (1997): Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67:345-366.
- ECOMAP (1993): National Hierarchical Framework of Ecological Units. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. 20p.
- Escudero R (2004): Informe de consultoría: Subcomponente bosque nativo. Proyecto Combinado GEF/IBRD "Manejo integrado de ecosistemas y recursos naturales en Uruguay". Componente "Manejo y conservación de la diversidad biológica. Montevideo.
- ESRI 2010. ArcGIS 10. ArcMap Version 10.0. License Type ArcInfo. Environmental Systems Research Institute. Copyright © 1999-2010 ESRI Inc.
- Evia G & Gudynas E (2000): Ecología del Paisaje en Uruguay. Aportes para la conservación de la Diversidad Biológica. MVOTMA/AECI/Junta de Andalucía, Sevilla. 173p.
- Ferrier S (2002): Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: where to from here? *Systematic Biology* 51:331-363.
- 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.
- García P (2008): Design Conservation Networks: ecological corridors through spatial models. *Naturalia Cantabrigiae* 4:3-70.
- García Préchac F, Ernst O, Arbeletche P, Bidegain MP, Pritsch C, Ferenczi A & Rivas M (2010): Intensificación agrícola: Oportunidades y Amenazas para un país productivo y natural. CSIC, Montevideo. 128p.
- Gasnier C, Dumont C, Benachour N, Clair E, Chagnon MC & Séralini GE. (2009): Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. *Toxicology* 262(3):184-91.
- Gastó J, Cosio F & Panario D (1993): Clasificación de ecorregiones y determinación de sitio y condición. Manual de aplicación a municipios y predios rurales. Red de Pastizales Andinos (REPAAN), Quito. 254p.
- Gautreau P (2007): Relatos de crisis ambiental en el Río de la Plata. Una evaluación geográfica de 300 años de relatos de "destrucción" de los bosques uruguayos (siglos XVIII al XX). Tesis de Doctorado. Université des Sciences et Technologies de Lille - U.F.R. de Géographie - Laboratoire Territoires, Villes, Environnements et Sociétés. 357p.
- GeoUruguay (2008): GEOUruguay. Informe del Estado del Ambiente. CLAES/PNUMA/DINAMA, Montevideo. 350p.
- González EM & Martínez-Lanfranco JA (2010): Conservación de los mamíferos en Uruguay. Pp. 355-378, In: González EM & Martínez-Lanfranco JA (eds.), Mamíferos de Uruguay. Guía de campo e introducción a su estudio y conservación. Banda Oriental/MNHN/Vida

Silvestre Uruguay, Montevideo.

- Green E, Cornell S, Scharlemann J & Balmford A (2005): Farming and the fate of wild nature. *Science* 307:550-555.
- 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. 97p.
- Guerrero J, Brugnoli E & Muniz P (2012): Invasiones biológicas en Uruguay, ¿una potencial amenaza a la biodiversidad autóctona? Informe de Consultoría. Sociedad Zoológica-F. de Ciencias.
- Haretche F, Mai P & Brazeiro A (2012): Woody flora of Uruguay: inventory and implication within the Pampean region. *Acta Botanica Brasilica* 26(3):537-552.
- Hosmer DW & Lemeshow S (1989): *Applied Logistic Regression*. Wiley, New York. 307p.
- Jongman RHG, Bouwma I, Griffioen A, Jones-Walters L & van Doorn AM (2011): The Pan European Ecological Network: PEEN. *Landscape Ecology* 26:311–326.
- Jongman RHG, Kùlvik M & Kristiansen I (2004): European ecological networks and greenways. *Landscape and Urban Planning* 68:305-319.
- Kattan GH (2002): Fragmentación de patrones y mecanismos de extinción de especies. Pp. 561-590, In: Guariguata MR & Katan GH (eds.), *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Ediciones LUR, México.
- Koleff P & Naranjo LG (2008): Regiones biodiversas: herramientas para la planificación de sistemas regionales de áreas protegidas. WCS/Fundación EcoAndina/WWF, Santiago de Cali. 224p.
- Lawton JH, May RM (1995): *Extinction Rates*. Oxford University Press, Oxford. 233p.
- Leathwick JR, McC Overtton J & McLeod M (2003): An environmental domain classification of New Zealand and its use as a tool for biodiversity management. *Conservation Biology* 17(6):1612–1623.
- Legendre P & Legendre L (1998): *Numerical Ecology*. 2nd English Edition. Elsevier Science BV, Amsterdam. 853p.
- Levins R (1970): Extinctions. Pp. 77-107, In: Gesternhaber M (Ed.), *Some mathematical questions in biology*. American Mathematical Society, Providence (Rhode Island).
- Lezama F, Altesor A, Pereira M & Paruelo JM (2011): Descripción de la heterogeneidad florística de las principales regiones geomorfológicas de Uruguay. Pp: 15-32, In: Altesor A, Ayala W & Paruelo JM (eds), *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales*. FPTA-INIA, Montevideo (Serie 25).
- MacArthur RH & Wilson EO (1967): *The Theory of Island Biogeography*. Monographs in Population Biology, 1. Princeton University Press, Princeton (New Jersey). 203p.
- Margules CR & Pressey RL (2000): Systematic conservation planning. *Nature* 405:243–253.
- Margules CR & Sarkar S (2007): *Systematic Conservation Planning*. Cambridge University Press.
- Masciadri S, Brugnoli E & Muniz P (2010): InBUy, Database of Invasive and Alien Species (IAS) in Uruguay-InBUy: a useful tool to face up this threat on the biodiversity. *Revista Biota Neotrópica* 10(4):205-214.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2003). *Ecosystems and Human Well-Being. A Framework For Assessment*. World Resources Institute; Series: Millennium Ecosystem Assessment Series.

- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005): *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press. Washington, DC.
- MGAP/DIEA (2010): *Censo Agropecuario 2010*. Montevideo.
- Moilanen A, Wilson K & Possingham H (2009): *Spatial conservation prioritization: Quantitative methods and computational tools*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Da Fonseca GAB & Kent J (2000): Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Naughton-Treves L, Buck M & Brandon K (2005): The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. *Annual Review of Environment and Resources* 30:219–252.
- Nores M, Cerana MM & Serra DA (2005): Dispersal of forest birds and trees along the Uruguay River in southern South America. *Diversity and Distributions* 11:205-217.
- Noss RF (1987): Corridors in real landscapes: a reply to Simberloff and Cox. *Conservation Biology* 1:159-164.
- Noss RF (1990): Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4:355-364.
- Noss RF (1996): Ecosystems as conservation targets. *TREE* 11:351.
- Noss RF (2004): Conserving targets and information needs for regional conservation planning. *Natural Areas Journal* 24(3):223–231.
- Olson DM, Chernoff B, Burgess G, Davidson I, Canevari P, Dinerstein E, Castro G, Morisset V, Abell R & Toledo E (1999): *Freshwater biodiversity of Latin America and the Caribbean: A conservation assessment*. WWF-US, Wetlands International, Biodiversity Support Program, and USAID, Washington.
- Ostrom E (2009): A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science* 325:419-422.
- Paganelli A, Gnazzo V, Acosta H, López SL & Carrasco E (2010): Glyphosate-Based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by Impairing Retinoic Acid Signaling. *Chem. Res. Toxicol.* 23(10):1586–1595.
- Panario D & Gutiérrez O (1999): The continental Uruguayan Cenozoic: An overview. *Quaternary International* 62(1):75-84.
- 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. 32p. (Avances de Investigación).
- Panario D, Gallardo S & Gastó J (1987): *Unidades geomorfológicas en el sistema de clasificación de pastizales*. Distritos. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica. Santiago. 52p. (Sistemas en Agricultura. Teoría y Avances).
- Panario D, Morato E, Gastó J & Gallardo S (1988): *Sitio en el Sistema de Clasificación de Pastizales*. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica, Santiago. 58p. (Sistemas en Agricultura. Teoría y Avances).
- Paolino C, Lanzilotta B & Perera M (2009): *Tendencias productivas en Uruguay – Los sectores agroindustriales, turismo y minería. Aportes para la definición de áreas protegidas. Primer Informe de Avance. Borrador para comentarios*. SNAP, Montevideo. 76p.

- Peel MC, Finlayson BL & McMahon TA (2007): Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11:1633-1644.
- Phillips SJ, Anderson RP & Schapire RE (2006): Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.
- Phillips SJ, Dudik M & Schapire RE (2004): A maximum entropy approach to species distribution modelling. *Proceedings of the Twenty-first Century International Conference on Machine Learning*. Banff, Canadá.
- Pimentel D, Lanch L, Zuñiga R & Morrison D (2000): Environmental and economic cost of nonindigenous species in the United States. *BioScience* 50:53-65.
- Pimm S, Russell G, Gittleman J & Brooks T (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 del Uruguay a la escala 1:500.000. Montevideo, Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE), Ministerio de Industria, Energía y Minería, Montevideo. 92p., il; 2 mapas fuera de texto.
- Pressey RL, Cowlingb RM & Rougetc M (2003): Formulating conservation targets for biodiversity pattern and process in the Cape Floristic Region, South Africa. *Biological Conservation* 112: 99–127.
- Rodríguez JP, Rodríguez-Clark KM, Baillie JEM, Ash N, Benson J, Boucher T, Brown C, Burgess ND, Collen B, Jennings M, Keith DA, NicholsonE, Revenga C, Reyers B, Rouget M, Smith T, Spalding M, Taber A, Walpole M, Zager I & Zamin T (2011): Establishing IUCN Red List Criteria for Threatened Ecosystems. *Conservation Biology* 25(1):21–29.
- Sala OE, Chapin III FS, Armesto JJ, Berlow E, Bloomfield J, Dirzo R, Huber-SanwaldE, HuennekeLF, JacksonRB, KinzigA, LeemansR, LodgeDM, MooneyHA, OesterheldM, PoffNL, SykesMT, WalkerBH, WalkerM& Wall DH (2000): Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287:1770-1774.
- Schrag AM, Zaccagnini ME, Calamari N & Canavelli S (2009): Climate and land-use influences on avifauna in central Argentina: Broad-scale patterns and implications of agricultural conversion for biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 132:135–142.
- Sganga JC (1994): Caracterización de la vegetación de la República Oriental del Uruguay. Pp 5-14, In: *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.
- Sganga JC (Coord.) (1985): Evaluación general preliminar de las inundaciones en la República Oriental del Uruguay. Dirección de Suelos/CONEAT. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Suelos, Montevideo. 4 p. y anexos.
- Sganga JC, Panario D & Trambauer A (1984a): Relevamiento Edafodasológico semidetallado del valle del Río Uruguay. Parte I - Hoja Salto. Pp. 1-42, In: *Relevamiento Edafodasológico semidetallado del valle del Río Uruguay*. Dirección de Suelos. Ministerio de Ganadería y Agricultura, Montevideo.
- Sganga JC, Panario D, Liesegang J & Molfino J (1984b): Relevamiento Edafodasológico semidetallado del valle del Río Uruguay. Parte I - Hoja Quebracho. Pp. 43–66, In: *Relevamiento Edafodasológico semidetallado del valle del Río Uruguay*. Dirección de Suelos. Ministerio de Ganadería y Agricultura, Montevideo.
- Soutullo A & Bartesaghi L (2009): Propuesta de diseño de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas

representativo y eficiente: Prioridades territoriales y temporales para la creación de áreas protegidas. Proyecto Fortalecimiento del Proceso de Implementación del SNAP de Uruguay. DINAMA-MVOTMA/PNUD-GEF, Montevideo.

Soutullo A, Bartesaghi L, Berazategui P, Clavijo C, Díaz I, Faccio C, García M & González EM (2010): Diseño espacial del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Uruguay: sitios a integrar al sistema, prioridades de conservación en esos sitios y aportes a la protección de la biodiversidad fuera de áreas protegidas. Proyecto Fortalecimiento del Proceso de Implementación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Montevideo. 50p. (Serie de Informes N° 24).

Stuart SN, Wilson EO, McNeely JA, Mittermeier RA, & Rodríguez JP (2010): The barometer of life. *Science* (328):177-177.

Teixeira A (1980): Diccionario geológico-geomorfológico. Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística (IBGE). Río de Janeiro, Brasil.

UICN (2000): Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. International Union for the Conservation of Nature, Gland, Switzerland.

Walker B, Anderies J, Kinzig A & Ryan P (2006): Exploring Resilience in Social-Ecological Systems Through Comparative Studies and Theory Development: Introduction to the Special Issue. *Ecology and Society* 11:12. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art12/>

Wilson E (1992): The diversity of life. Norton WW & Company, New York.

World Conservation Monitoring Centre (1992): Global Biodiversity: Status of the Earth's living resources. Chapman & Hall, London. 594p.













Satisfacer las necesidades actuales y futuras de la población humana, conservando la biodiversidad, es sin duda el gran desafío de la humanidad en nuestros días. La clásica tensión entre producción y conservación se encuentra hoy día ante una encrucijada en Uruguay. A medida que crecen las presiones, externas e internas, por expandir el "Uruguay productivo", se reducen las oportunidades de mantener el "Uruguay natural", y por ende, de alcanzar una real sustentabilidad. Hoy más que nunca, urge acordar una estrategia de conservación del país.

En esta publicación se propone un enfoque de conservación basado en eco-regiones, y se presenta una serie de estudios que sientan las bases para esta estrategia de conservación: (1) Mapa y base de datos nacional de biodiversidad. (2) Clasificación y mapa de ambientes de Uruguay. (3) Identificación y delimitación de eco-regiones de Uruguay. (4) Identificación de prioridades eco-regionales de conservación. (5) Evaluación de presiones actuales sobre la biodiversidad. (6) Elaboración de escenarios de amenazas a la biodiversidad. (7) Identificación y delimitación de corredores nacionales de conservación.

