

Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Carrera de Posgrado en Manejo de Vida Silvestre

Tesis de Maestría

Determinación de áreas de bosque prioritarias para la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor Verde de Misiones

Autor: **Julia Martínez Pardo**

Director: **Carlos De Angelo**

Co-Director: **Agustín Paviolo**

Noviembre de 2013

Determinación de áreas de bosque prioritarias para la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor Verde de Misiones

Tesis presentada por:

JULIA MARTÍNEZ PARDO

Miembro de la Comisión Asesora: Dr. / Dra.

Miembro de la Comisión Asesora:

Miembro de la Comisión Asesora:

Dra. Liliana Crocco
Secretaría Académica de Investigación y Posgrado
Universidad Nacional de Córdoba

Centro de Zoología Aplicada
Universidad Nacional de Córdoba
X5000AV Córdoba – Argentina
zoología@efn.uncor.edu

Página de dedicatoria

A mis padres y a mi hermano, a quienes se lo debo todo,

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de esta tesis, así como el de toda la maestría no habría sido posible sin el apoyo de innumerables personas.

En primer lugar quiero agradecerles a mis padres y a toda mi familia, que siempre me animaron a dedicarme por completo a esta vocación y a perseguir mis sueños, a pesar de que eso haya significado tenerme lejos la mayor parte del tiempo. Sin su apoyo incondicional habría sido imposible.

A mis directores, Carlitos y Agus, cuyos valores y enseñanzas transmitidos han marcado en mí un antes y un después en este camino. Por su confianza, tratándome desde un principio como a una más del equipo, y por su paciencia y ayuda hasta el último momento del desarrollo de esta tesis.

A todo el equipo del Proyecto Yaguareté, del cual forma parte este trabajo, que también desde un principio me hicieron sentir parte de este gran proyecto, dándome todo su apoyo y enseñándome que el trabajo en equipo es fundamental para la complicada misión de conservar al yaguareté.

A todos mis compañeros de la maestría, que hicieron de mi llegada a la Argentina una experiencia maravillosa. Por su ayuda prestada durante el primer año de maestría, crucial para llegar a este momento. Por todos los divertidos momentos que pasamos juntos en Córdoba.

A los amigos que encontré aquí, en Iguazú, con los que en cierto modo formé una pequeña familia en este lugar tan peculiar. Sin ellos, los 10.000km hasta mi casa habrían sido casi imposibles de llevar en muchos momentos.

Al Dr. Santiago Saura, cuya colaboración en este trabajo ha sido constante y ha hecho posible que los análisis aplicados sean lo más acordes a la realidad, ayudando a que este trabajo sea una herramienta para la conservación de la especie.

A Ricardo Ojeda, Marcello Zak y Victoria Rosati, quienes forman el comité asesor de esta tesis. A ellos les agradezco el tiempo que se tomaron para leer esta tesis y los aportes que hicieron para mejorarla.

A Fundación Vida Silvestre Argentina, por su apoyo institucional y económico, que ha hecho posible el desarrollo completo de este trabajo.

Al Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables de la Provincia de Misiones, por aportar información fundamental para el desarrollo del análisis y mostrar siempre una actitud de colaboración con el proyecto.

Al CeIBA-IBS, no solo por el apoyo institucional, sino también por los valores como organización que me transmitieron en este período y que sin duda, aplicaré a lo largo de mi carrera.

A todos los profesores que tuve durante los cursos de la maestría, por todo lo que me enseñaron y por su ayuda en los comienzos de este trabajo.

Este trabajo fue realizado con financiación del Programa de Maestría en Manejo de Vida Silvestre, que cuenta con el apoyo del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos de América (U.S.F.W.S). Durante el transcurso de la carrera fui beneficiada con una beca del Programa de Maestría en Manejo de Vida Silvestre y apoyo económico para la investigación.

“La Carrera de Maestría en Manejo de Vida Silvestre apoya y contribuye a la implementación de la Convención del Hemisferio Occidental (1940) y a la Convención sobre los Humedales (Ramsar 1971) en América Latina y el Caribe.”

Determinación de áreas de bosque prioritarias para la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor Verde de Misiones

RESUMEN

La conectividad del hábitat para grandes carnívoros está incluida entre los criterios de sustentabilidad de la Ley de Bosques de Argentina (Ley N°26.331), pero no existen herramientas que faciliten la aplicación de los mismos. El objetivo de este trabajo fue analizar la conectividad del hábitat del jaguar *Panthera onca* en áreas críticas para la conservación de la especie en la Provincia de Misiones. Mediante el uso combinado de grafos y el índice de probabilidad de conectividad (PC), se analizaron cinco de los corredores principales detectados en el Plan de Acción de la especie: cuatro altamente fragmentados y otro con una alta proporción de bosque. Los parches de bosque (n=469-1402) fueron identificados mediante fotografías aéreas y delimitados por los predios (unidad de aplicación de la Ley de Bosques en Misiones). Utilizando Conefor 2.6 se estimó la importancia relativa de cada parche a través del delta del índice PC y BC(PC). Para una misma distancia de movimiento efectivo estimada para la especie en la región (d=58225), los corredores analizados mostraron una mayor importancia de la fracción dPCflux del índice PC. El valor de la fracción dPCconnector, que representa a los parches que actúan como “stepping stones”, presentó aportes a la conectividad global de 14 - 29%, adquiriendo una mayor relevancia en paisajes fragmentados. En cada corredor existe una serie de parches altamente relevantes que representan un bajo porcentaje del total de parches, pero que mantienen el 90% de la conectividad de acuerdo a los diferentes índices (dPC, BC (PC)). Este análisis permitió identificar con datos cuantitativos los parches de bosque cruciales para el mantenimiento de la conectividad y disponibilidad del hábitat para una especie amenazada como el jaguar. Este enfoque a través del índice PC puede ser usado para incorporar la conectividad del hábitat en los criterios de ordenamiento territorial de bosques nativos.

Palabras clave: fragmentación, conectividad, ordenamiento territorial, grafos, conservación, priorización, especie amenazada, ”stepping stones”

Determination of priority forest areas for jaguar habitat connectivity in the Green Corridor of Misiones

ABSTRACT

Habitat connectivity for large carnivores is included among the criteria for sustainability of Forest Law in Argentina (Law No. 26,331), but there are no tools to facilitate the implementation thereof. The main objective of this dissertation was to analyze jaguar *Panthera onca* habitat connectivity in critical conservation areas for the species in the Province of Misiones. Using graph based approach and probability of connectivity index (PC) were analyzed five corridors identified at the Action Management Plan of the species: four were highly fragmented and the other one had a high proportion of forest. Forest patches (n=469-1402) were identified through aerial photographs and land bounded by (implementing unit of Law Forest in Misiones). Relative importance of each forest patch was calculated using Conefor 2.6 and estimated through the PC and BC(PC) index delta. For the same effective distance estimated for the species in the region (d=58225), corridors analyzed showed increased importance of dPCflux fraction of the PC index. dPC connector fraction value, which represents “stepping stones” forest patches, provided between 14 and 29% overall PC index, acquiring greater importance in highly fragmented landscapes. All corridors presents a number of highly relevant patches that represent a low percentage of total patches but maintain 90% landscape connectivity, according to PC and BC(PC) index. In this study were identified crucial forest patches to maintaining connectivity and availability habitat through a quantitative method for an endangered species like the jaguar. The methodological approach allows the incorporation of habitat connectivity criteria in land planning and could be easily adopted in a variety of other related landscape planning applications.

Key words: connectivity, fragmentation, graph, land planning, conservation, endangered species, “stepping stones”,

Lista de Figuras

Figura 1: La ecorregión del Bosque Atlántico Alto Paraná, en el marco del Complejo de Ecorregiones del Bosque Atlántico de Brasil, Paraguay y Argentina (tomado de Di Bitetti et al. 2003).....	3
Figura 2: Mapa del Corredor Verde de Misiones y las áreas naturales vecinas de Brasil (Schiaffino et al., 2011)	4
Figura 3. Descripción general del Paisaje Óptimo para la conservación del yaguararé en el CV.	8
Figura 4: Área de estudio. Paisaje Óptimo para la para la conservación del yaguararé en el CV.	11
Figura 5. Resultado de la edición manual de la imagen resultante de la clasificación realizada en el Corredor RP211.	14
Figura 6. Usos de la tierra con los valores de fricción correspondientes en los home ranges de las tres hembras utilizadas para el análisis.	18
Figura 7. Importancia relativa de los parches del corredor de la Ruta Nacional 101 de acuerdo a los índices de conectividad dPC, BC(PC) y la fracción dPCconnector del índice PC.	25
Figura 8. Importancia relativa de los parches del corredor de la Ruta Nacional 14 de acuerdo a los índices de conectividad dPC, BC(PC) y la fracción dPCconnector del índice PC.	26
Figura 9. Importancia relativa de los parches del corredor de la Ruta Provincial 211 de acuerdo a los índices de conectividad dPC, BC(PC) y la fracción dPCconnector del índice PC.	29
Figura 10. Importancia relativa de los parches del corredor de las Rutas Provinciales 15 y 16 de acuerdo a los índices de conectividad dPC, BC(PC) y la fracción dPCconnector del índice PC.	29
Figura 11. Importancia relativa de los parches del corredor de las Rutas Provinciales 17 y 20 de acuerdo a los índices de conectividad dPC, BC(PC) y la fracción dPCconnector del índice PC.	30
Figura 12: Áreas de manejo establecidas en función de la prioridad de conservación de los parches de bosque (descriptas en detalle en la Tabla 6) para mantener la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor de la Ruta Nacional 101.	37
Figura 13: Áreas de manejo establecidas en función de la prioridad de conservación de los parches de bosque (descriptas en detalle en la Tabla 6) para mantener la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor de la Ruta Nacional 14.....	38
Figura 14: Áreas de manejo establecidas en función de la prioridad de conservación de los parches de bosque (descriptas en detalle en la Tabla 6) para mantener la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor de la Ruta Provincial 211.....	39
Figura 15: Áreas de manejo establecidas en función de la prioridad de conservación de los parches de bosque (descriptas en detalle en la Tabla 6) para mantener la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor de la Ruta Provincial 15 y 16.	40
Figura 16: Áreas de manejo establecidas en función de la prioridad de conservación de los parches de bosque (descriptas en detalle en la Tabla 6) para mantener la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor de la Ruta Provincial 17 y 20.	41

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Fragmentación y conectividad del paisaje	1
El Bosque Atlántico del Alto Paraná	2
El Corredor Verde de Misiones	4
El jaguar	5
El jaguar en el Corredor Verde de Misiones	6
i) Plan de Acción	6
ii) Ley de Bosques	8
Objetivo principal	9
Objetivos específicos	9
MATERIAL Y MÉTODOS	10
Área de estudio	10
Modelando el paisaje como un grafo	11
1) Nodos	11
2) Enlaces	12
a) Clasificación de usos de la tierra a partir de imágenes satelitales	12
b) Transformación de la matriz en superficie de fricción	15
c) Cálculo de distancias efectivas entre nodos	16
d) Distancias de movimientos del jaguar en el CV	17
Análisis de conectividad y disponibilidad de hábitat	18
1) Índices	18
2) Interpretación de índices	21
RESULTADOS	22
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	31
RECOMENDACIONES	35
BIBLIOGRAFÍA	42
ANEXOS	48

INTRODUCCIÓN

Fragmentación y conectividad del paisaje

La fragmentación del hábitat es el proceso mediante el cual una gran extensión de hábitat se transforma en un número de parches de menor área total, separados entre sí por una matriz de hábitat diferente de la original (Saunders *et al.* 1991; Ruediger 2004). Actualmente, la fragmentación y la pérdida de hábitat, constituyen una de las mayores amenazas para la conservación de la biodiversidad y una de las principales causas del retroceso de numerosas especies en el planeta (Pimm y Raven 2000; Jetz *et al.* 2007).

Los parches de hábitat que quedan tras la fragmentación del paisaje son, en muchos casos, demasiado pequeños para mantener poblaciones locales e incluso territorios individuales (Fahrig 2003). Las especies que no pueden atravesar la matriz y quedan en parches aislados, tienen más probabilidades de sufrir extinciones locales ya que son más vulnerables a diferentes amenazas como las catástrofes naturales, la pérdida de variabilidad genética y las presiones humanas (Frankham *et al.* 2002; Gaggiotti y Hanski 2004).

La conectividad, definida como el grado en que el paisaje facilita o impide el movimiento de las especies a través del mismo (modificado a partir de Taylor *et al.* 1993), puede contrarrestar los efectos potencialmente adversos de la fragmentación y facilitar la adaptación de las especies a los cambios en sus áreas de distribución causados, por ejemplo, por el cambio climático y otros factores (Taylor *et al.* 1993; Hannah *et al.* 2002; Opdam *et al.* 2002; Opdam y Wascher 2004; Araújo y Rahbek 2006). Es por eso que el mantenimiento de la conectividad entre áreas protegidas es un estrategia que está cobrando cada vez más importancia a nivel internacional (Pastore 2012; Oedekoven *et al.* 2013).

La respuesta de los organismos a la estructura del paisaje depende de la escala en la que perciban la heterogeneidad del mismo y de la habilidad que tengan para moverse. Por ello la conectividad es y debe considerarse como un aspecto funcional, es decir, dependiente de las distancias y capacidades de dispersión de las especies analizadas (Tischendorf y Fahrig 2000; Theobald 2006). Entre las aproximaciones más ampliamente difundidas para analizar la conectividad funcional del paisaje, están aquellas basadas en modelos de estructuras de grafos, que son estructuras matemáticas que representan al paisaje como un conjunto de nodos o unidades de hábitat, conectados funcionalmente por enlaces que conectan pares de nodos (Urban y Keitt 2001; Bodin y Norberg 2007; Saura y Pascual-Hortal 2007; Saura y Rubio 2010). Esto implica que se puede caracterizar el

paisaje de una manera espacialmente explícita, permitiendo evaluar la importancia de los elementos individuales para el mantenimiento o fomento de la conectividad del paisaje en su conjunto, constituyendo una herramienta muy útil para orientar decisiones para el manejo de vida silvestre (Pascual-Hortal y Saura 2006; Saura y Pascual-Hortal 2007; Estrada y Bodin 2008).

El Bosque Atlántico del Alto Paraná

El Bosque Atlántico es uno de los ambientes más afectados por la fragmentación y pérdida de conectividad de su paisaje a nivel global (Di Bitetti *et al.* 2003). Este bioma está compuesto por un complejo de 15 ecorregiones de selvas lluviosas que albergan más del 7% de las especies descritas en el planeta, entre las que existe un elevado porcentaje de endemismos (Forman y Alexander 1998; Myers *et al.* 2000; Di Bitetti *et al.* 2003). Su alta diversidad lo sitúa entre los primeros ocho "biodiversity hotspots" del mundo (Myers *et al.* 2000; Mittermeier *et al.* 2005), lo que sumado a su grado de amenaza han llevado a que sea considerado una de las regiones prioritarias del planeta para dirigir los esfuerzos de conservación (WWF 2001; Olson y Dinerstein 2002)

El Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAP) es la mayor y más occidental ecorregión del Bosque Atlántico y se distribuye por el SE de Brasil, E de Paraguay y la Provincia de Misiones en Argentina (Fig. 1). Al igual que todo el Bosque Atlántico, el BAAP ha sufrido un severo proceso de pérdida de hábitat y actualmente, se calcula que sólo persiste alrededor del 8% de su superficie original (Holz y Placci 2003). El proceso de fragmentación del BAAP no sólo fue cuantificado en las superficies de bosque perdido y degradado, sino que también se han registrado efectos ecológicos de la fragmentación, como en la pérdida de especies de diferentes grupos biológicos y la afectación de procesos ecosistémicos (Chiarello 1999; Tabanez y Viana 2000; Di Bitetti *et al.* 2006; Zurita *et al.* 2006; Zurita y Bellocq 2007; Giraudo y Arzamendia 2008; Vieira *et al.* 2009).

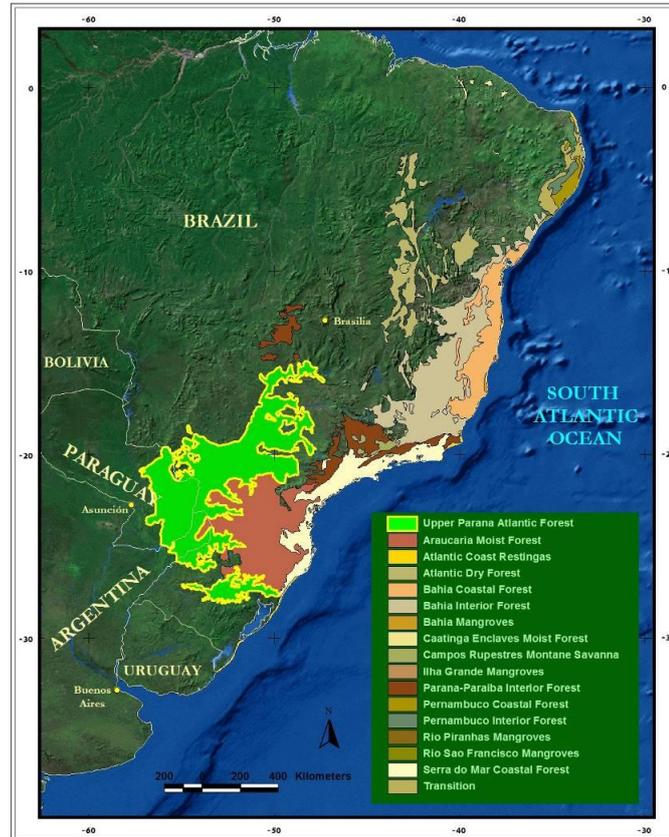


Figura 1: La ecorregión del Bosque Atlántico Alto Paraná, en el marco del Complejo de Ecorregiones del Bosque Atlántico de Brasil, Paraguay y Argentina (tomado de Di Bitetti *et al.* 2003).

Como parte de las iniciativas que tomaron diferentes instituciones para detener y revertir el proceso de degradación del BAAP, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) lideró una red de instituciones de Argentina, Brasil y Paraguay con el objetivo de diseñar una estrategia de conservación ecorregional conocida como la "Visión de la Biodiversidad para la Conservación del Bosque Atlántico del Alto Paraná" (Di Bitetti *et al.* 2003). En este documento se definió un "paisaje para la conservación de la biodiversidad", el cual debería asegurar la conservación de la biodiversidad y los procesos ecosistémicos. Para el diseño de este paisaje se utilizó al jaguar como especie focal, con el supuesto de que si el paisaje de conservación lograba sostener a esta especie, se aseguraría la conservación de la mayor parte de la biodiversidad ecorregional (concepto de especie paraguas). Entre las metas y acciones propuestas en este documento, está la puesta en marcha de programas de conservación, investigación y monitoreo de esta especie, como una manera validar el paisaje de conservación y utilizar la información para un manejo adaptativo de este plan (Di Bitetti *et al.* 2003).

El Corredor Verde de Misiones

El Corredor Verde de la provincia de Misiones (CV), junto con áreas adyacentes de Paraguay y Brasil, conforman el fragmento de mayor tamaño del BAAP (Di Bitetti *et al.* 2006) (Fig. 2). Legalmente, el CV es un área de conservación y uso sustentable de aproximadamente 1.000.000 de hectáreas, creada por Ley Provincial N° 3631 (actualmente, LEY XVI 60) en 1999, con el fin de proteger este gran remanente de BAAP.

El objetivo principal de la creación de esta área de conservación fue mantener la conectividad de tres grandes áreas de conservación de la Provincia, las del Norte, integrada por el Parque Nacional Iguazú, el Parque Provincial Urugua-í y otras áreas protegidas de menor tamaño, con la Reserva de Biosfera Yabotí al Este y el Parque Provincial Salto Encantado del Valle del Cuñá Pirú al sur (Giraudó *et al.* 2003a). Sin embargo, a pesar de haber pasado más de una década desde su creación, las políticas de implementación del CV han sido escasas y para algunas especies como el jaguar, la conectividad entre las diferentes partes del CV se ha ido perdiendo paulatinamente (De Angelo *et al.* 2013).



Figura 2- Mapa del Corredor Verde de Misiones y las áreas naturales vecinas de Brasil (tomado de Schiaffino *et al.* 2011)

El jaguar

El jaguar o yaguararé (*Panthera onca*) es la especie de felino viviente más grande de América (Sunquist y Sunquist 2002) y el depredador tope en los ecosistemas donde habita, por lo que cumple un rol ecológico fundamental (Terborgh *et al.* 2001; Zeller *et al.* 2012). Además, constituye una figura culturalmente importante para muchos pueblos originarios y culturas americanas (Fahrig 2003), e incluso representa un gran atractivo para el turismo en muchas de las regiones donde aún persisten poblaciones saludables (Medellín *et al.* 2002).

Al ser un depredador tope, la especie requiere de vastos territorios con una buena disponibilidad de presas para cubrir sus necesidades energéticas (Carbone y Gittleman 2002), lo que determina que la especie viva en densidades muy bajas de entre 0,2 y 8 individuos cada 10.000 ha (Maffei *et al.* 2004) y que sea una especie muy sensible a las modificaciones del hábitat producidas por el hombre (De Angelo *et al.* 2011a). Por otra parte, la especie entra frecuentemente en conflicto con el hombre por depredar sobre el ganado doméstico, lo que dificulta su conservación (Schiaffino *et al.* 2002; Zimmermann *et al.* 2005).

Históricamente, la distribución de la especie se extendía desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de la Patagonia Argentina (Seymour 1989). En los últimos dos siglos ha sufrido una marcada retracción especialmente en los extremos norte y sur de su distribución, quedando reducida a menos del 46% de lo que ocupaba originalmente (Sanderson *et al.* 2002a), encontrándose poblaciones remanentes desde el norte de México hasta el norte de Argentina (Medellín *et al.* 2002). A nivel internacional, el jaguar está categorizado como “Casi amenazado” (Redford y Eisenberg 1992) y se encuentra en el Apéndice I de CITES, por lo que la comercialización de la especie o sus derivados está prohibida (CITES 2006). En Argentina la especie ocupa menos del 5% de su distribución histórica (Perovic 2002b; Sanderson *et al.* 2002a; Di Bitetti *et al.* 2006; Di Bitetti *et al.* en prensa), subsistiendo poblaciones en tres regiones del norte del país, la Selva Paranaense, el Chaco y las Yungas, las cuales están poco conectadas entre sí. En las tres regiones la especie subsiste en muy bajas densidades (Perovic 2002a; Paviolo *et al.* 2008; Quiroga *et al.* 2013) estimándose que queden menos de 250 individuos en el país (Di Bitetti *et al.* en prensa). Este panorama poco alentador ha llevado a que la especie sea categorizada como “En peligro crítico” a nivel nacional (Ojeda *et al.* 2012).

El jaguar en el Corredor Verde de Misiones

La población de jaguares del BAAP se encuentra altamente fragmentada en distintas sub-poblaciones, de las cuales la sub-población del CV constituye el mayor núcleo remanente (De Angelo *et al.* 2013). Este núcleo poblacional se encuentra aislado de otras sub-poblaciones de la ecorregión. En el año 1999, en una reunión de expertos en jaguares se determinó que la población de jaguares del CV contaba con altas posibilidades de persistencia a largo plazo, siendo una de las pocas en el Bosque Atlántico que fueron categorizadas de esta manera (Sanderson *et al.* 2002b). Esta clasificación estuvo basada en una disponibilidad de hábitat de casi 1.500.000 ha y estimaciones de densidad de 3,7 individuos cada 10.000 ha (Crawshaw Jr. 1995), que sugerían que la población era mayor a 500 individuos y que probablemente era viable a largo plazo (Eizirik *et al.* 2002). Sin embargo, estudios posteriores encontraron que la densidad se había reducido más de 3 veces en áreas bien protegidas como el Parque Nacional Iguazú, y que las densidades eran menores a 0,4 individuos cada 10.000 ha en áreas más degradadas (Paviolo *et al.* 2008). Asimismo, análisis detallados del hábitat disponible real para la especie indicaban que el área era menor a 900.000 ha (De Angelo 2009). Estos resultados indican que la población de jaguares del Corredor Verde está compuesta por entre 30 y 60 individuos (Paviolo *et al.* 2008) y que se encuentra críticamente amenazada de desaparecer si las amenazas a la especie no son reducidas (Lonsdorf *et al.* en preparación). Estos últimos resultados pusieron en alerta a diversas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, que desde el año 2006 trabajan en la elaboración de una estrategia común para la conservación de esta población de jaguares (Chalukian 2006).

i) Plan de Acción para la Conservación del Yaguararé en el Corredor Verde de Misiones

En el año 2006, durante el “Segundo Taller Monumento Natural Nacional Yaguararé y 6to. Taller Monumento Natural Provincial Yaguararé”, se conformaron diferentes subcomisiones regionales encargadas de definir estrategias para la conservación de la especie en Argentina. La Subcomisión Selva Paranaense quedó a cargo de la elaboración del Plan de acción para la conservación del yaguararé en el CV y las áreas adyacentes de Brasil (Chalukian 2006). Esta Subcomisión estuvo compuesta por funcionarios, científicos y técnicos del gobierno de la Provincia de Misiones, la Administración de Parques

Nacionales, la Universidad de Misiones, el CONICET, y varias ONGs (CeIBA, Fundación Vida Silvestre Argentina, Red Yaguareté, etc).

El objetivo principal de este Plan de Acción es asegurar la conservación a largo plazo, de una población viable de yaguareté en esta región (Schiaffino *et al.* 2011). Este Plan ha sido finalizado en el año 2011 y ha sido aprobado por la Administración de Parques Nacionales y las ONGs participantes, restando la aprobación por parte del Gobierno de la Provincia de Misiones y de la Dirección de Fauna de la Nación.

Durante la elaboración del Plan de Acción se identificaron y priorizaron las amenazas para el jaguar en el CV y en base a ellas, se propusieron acciones para alcanzar una serie de objetivos particulares que apuntan a mitigar dichas amenazas. Una de los principales acciones fue la elaboración de un Paisaje Óptimo para la Conservación del Yaguareté en el CV y áreas adyacentes de Brasil (en adelante Paisaje Óptimo) (Fig. 3). El Paisaje Óptimo fue definido como el diseño de paisaje más apropiado de esta porción del BAAP que permita como mínimo sostener una población de 250 individuos de yaguareté. En el Paisaje Óptimo se delimitan distintos tipos de áreas, tales como áreas núcleo, áreas de amortiguamiento, corredores principales, etc., donde se focalizan distintas acciones de conservación geográficamente (Schiaffino *et al.* 2011).

Las áreas identificadas como corredores principales en el Paisaje Óptimo, son fragmentos de bosque que aún presentan condiciones relativamente buenas de hábitat para el movimiento y dispersión del yaguareté (por ej. alta proporción de cobertura boscosa nativa o de plantaciones forestales), y que se encuentran entre medio de las áreas núcleo. Sin embargo, los corredores principales tienen altas presiones humanas (por ej. alta densidad de población, presencia de rutas, facilidad de acceso por los humanos) por lo que demandan urgentes medidas para su mantenimiento y la mitigación de amenazas (Anexo D). Estas áreas deberían ser consideradas en los planes de ordenamiento territorial provincial como áreas donde no sea posible la conversión del bosque a otros usos, pero donde se permitan algunas actividades productivas que no amenacen la supervivencia de la especie. Puesto que el Paisaje Óptimo fue desarrollado a una escala regional (de todo el BAAP) y con información del paisaje del año 2004, el Plan prevé como prioridad realizar una revisión a escala local y con un análisis actualizado para poder garantizar la conectividad entre las áreas núcleo. Los detalles sobre la metodología de elaboración e interpretación de los mapas que definen al Paisaje Óptimo se encuentran disponibles en De Angelo (2009), De Angelo et al. (2011b) , De Angelo et al. (2011a) y De Angelo et al.(2013).

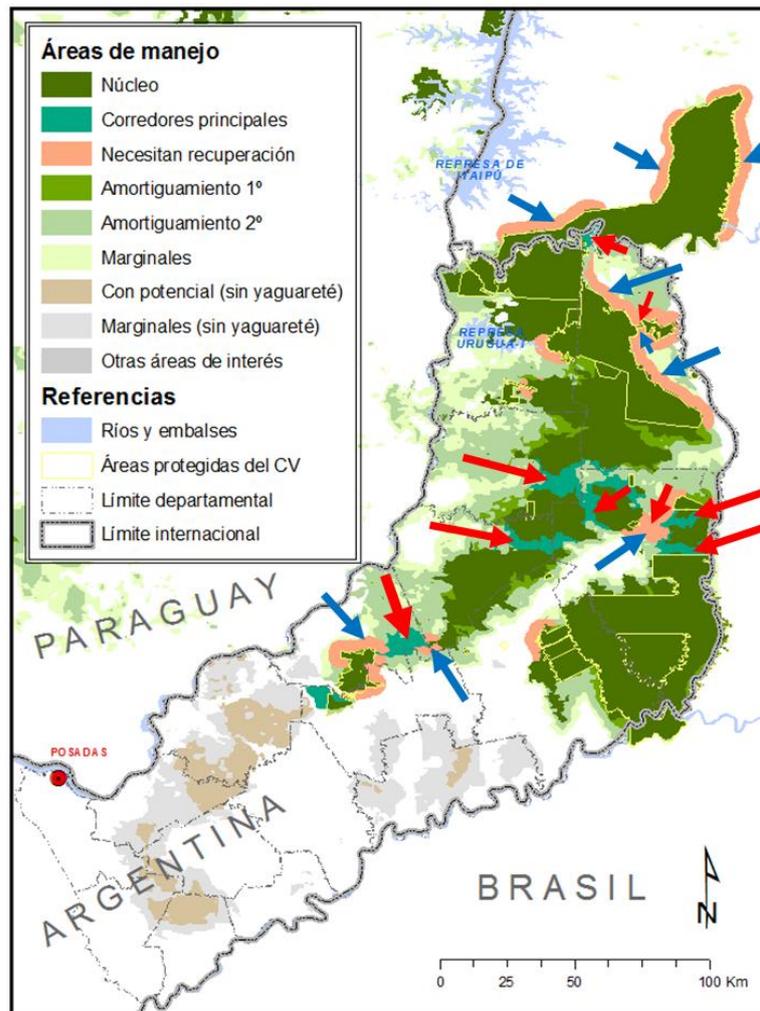


Figura 3. Descripción general del Paisaje Óptimo para la conservación del yaguaré en el CV. Las flechas rojas señalan áreas críticas para mitigar amenazas. Las flechas azules señalan áreas prioritarias para la recuperación del hábitat.

ii) Ley de Bosques

En el año 2007, se sanciona la Ley Nacional de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (Ley N° 26.331), Ley comúnmente conocida como Ley de Bosques. Esta Ley promueve el desarrollo de planes de ordenamiento territorial (OT) determinando tres niveles básicos de conservación de bosques: las áreas verdes, incluyen sectores de bosques de bajo valor de conservación, que pueden ser transformados para destinarse a otros usos productivos; las áreas amarillas, incluyen sectores de mediano valor, donde se permite aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación, pero no la transformación de la cobertura forestal a otro uso de la tierra; y las áreas rojas que incluyen sectores de muy alto valor para la conservación por lo que deben ser protegidos sin ser explotados ni transformados. Esta zonificación debe seguir diez criterios de sustentabilidad establecidos en la Ley Nacional que asegurarán el

mantenimiento de la biodiversidad de los bosques y los servicios ecosistémicos. Dentro de los criterios de sustentabilidad se encuentra uno que exige la conservación de la conectividad del hábitat para grandes carnívoros, por lo que desarrollar herramientas que describan la conectividad del paisaje para el jaguar es una prioridad para la adecuada aplicación de este criterio.

En respuesta a la Ley Nacional (Ley N° 26.331), en el año 2010, la Provincia de Misiones sanciona la Ley Provincial de Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos (Ley XVI N°105). Esta Ley se encuentra en proceso de implementación y su aplicación se está desarrollando a escala local, es decir, a nivel de la superficie de bosque en cada predio o propiedad. Debido a que la aplicación del OT en Misiones se realiza a esta escala se dificulta la implementación de algunos de los criterios de sustentabilidad de la Ley Nacional, que se plantean a nivel regional. Por ello, son necesarias herramientas que busquen acercar información y planes que fueron diseñados a nivel regional, como el Paisaje Óptimo del yaguararé, a la escala local de implementación que utiliza la provincia para los OT.

En función de lo antes planteado, para este trabajo se trazaron las siguientes preguntas a resolver:

- ¿Cuáles parches de bosque son más importantes para mantener la conectividad del hábitat del jaguar en los corredores principales del Paisaje Óptimo?
- ¿Cómo podría incorporarse el Paisaje Óptimo para la Conservación del yaguararé en el CV al plan de Ordenamiento Territorial de Misiones?

Objetivo principal

Evaluar las condiciones del hábitat en los Corredores Principales del Paisaje Óptimo del Yaguararé en el Corredor Verde de Misiones para favorecer la incorporación de este criterio en el Ordenamiento Territorial en estos sectores.

Objetivos específicos

1. Modelar los corredores principales como grafos caracterizando los nodos y los enlaces.
2. Analizar la conectividad del hábitat para el yaguararé en los corredores principales.
3. Proponer medidas de manejo en relación a la importancia relativa de los diferentes parches de hábitat que persisten en los “corredores principales” que puedan ser incorporadas en las propuestas de ordenamiento de bosques nativos de la provincia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio incluyó diferentes áreas del CV de Misiones dentro de la región del Bosque Atlántico del Alto Paraná o Selva Paranaense. La vegetación predominante en el BAAP es el bosque subtropical semi-deciduo, que se caracteriza por las especies arbóreas de mayor porte como el guatambú (*Balfourodentrum riedelianum*) y laurel (*Nectandra* spp.), y los bosques de palo rosa (*Apidosperma polyneuron*) y palmito (*Euterpe edulis*) (Cartes 2003; Giraudo *et al.* 2003b). El clima es subtropical húmedo con precipitaciones anuales promedio que varían entre los 1000 y los 12000 mm anuales acompañado de temperaturas medias anuales que rondan los 16-22°C (Di Bitetti *et al.* 2003).

Para este trabajo se seleccionaron un total de cinco áreas del CV identificadas como "corredores principales" y "áreas que necesitan recuperarse" en el Paisaje Óptimo (Fig. 4). Las áreas seleccionadas están atravesadas por rutas nacionales y/o provinciales, por lo que los nombres utilizados para cada una se dieron en función de las mismas. Comenzando desde el norte al sur las áreas son: Corredor Ruta Nacional 101 (RN101), Corredor Ruta Nacional 14 (RN14), Corredor Rutas Provinciales 15 y 16 (RP1516), Corredor Rutas Provinciales 17 y 20 (RP17-20) y Corredor Ruta Provincial 211. Estas áreas están compuestas por distintas coberturas y usos de la tierra tales como bosque nativo, plantaciones forestales de especies exóticas, potreros y plantaciones de té, entre otras (Tabla 1).

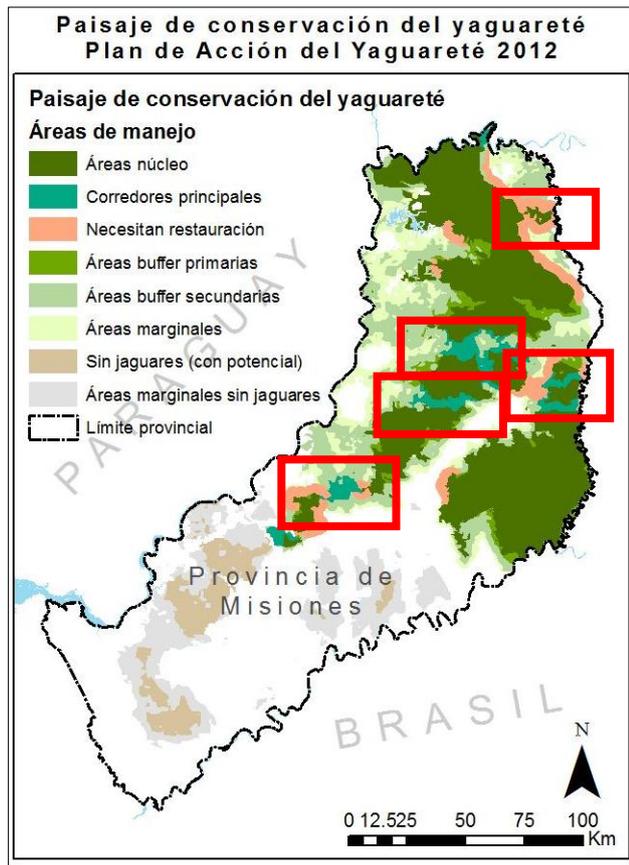


Figura 4: Área de estudio. Paisaje Óptimo para la para la conservación del yagareté en el CV (25° 38' y 27° 11' S; 54° 12' y 55° 04' O). Las recuadros rojos señalan las cinco áreas utilizadas para en este trabajo.

Modelando los corredores principales como grafos:

1. Nodos

De acuerdo a la teoría de grafos, las unidades de hábitat del paisaje quedan representadas como nodos y las conexiones funcionales entre las unidades de hábitat quedan representadas como enlaces (Pascual-Hortal y Saura 2006). Para el presente trabajo se seleccionaron como nodos o unidades de hábitat para el jaguar a los predios con cobertura de bosque nativo que se encuentran dentro de los “corredores principales” del Paisaje Óptimo (Schiaffino *et al.* 2011). La ubicación, forma y superficie de los fragmentos de bosque nativo se obtuvo a partir de fotografías aéreas de la Provincia de Misiones correspondientes al año 2009 que fueron digitalizadas en una sistema de información geográfica (SIG). Por otro lado, y para tener en cuenta las unidades de manejo reales del ordenamiento territorial en la priorización de los parches de bosque, se incorporó la información sobre los límites prediales de la Provincia. Para ello, combiné la capa SIG de bosques nativos con la capa SIG de los límites prediales, de manera que éstos dividieran

artificialmente a los parches de bosque nativo. Ambas capas SIG (bosque nativo y predios) fueron cedidas por el Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables (MEyRNR) (Subsecretaría de Ordenamiento Territorial). Por lo general, los nodos se caracterizan con un atributo que sea relevante para el análisis, tal como la calidad del hábitat o el área (Saura Martínez de Toda 2013). En este trabajo, los nodos se caracterizaron con el área, calculando la superficie de los mismos en hectáreas tras realizar la división con los límites prediales. El número resultante de nodos (n) osciló entre 478 y 1281 para cada uno de las áreas estudiadas. Para el desarrollo de los análisis descriptos anteriormente se utilizó el programa ArcGIS 10.1.

2. Enlaces o conexiones: modelo de fricción

Los enlaces representan la probabilidad de dispersión directa entre cada par de nodos, obtenida habitualmente, en función de la distancia que haya entre los mismos (Pascual-Hortal y Saura 2006). Esta distancia puede medirse como una distancia euclídea (en línea recta) o una distancia efectiva que tenga en cuenta las variaciones en la capacidad de dispersión y riesgo de mortalidad de una determinada especie o proceso a través de los diferentes tipos de cubierta presentes en la matriz del paisaje (Adriaensen *et al.* 2003; McRae y Beier 2007). Por ser este último un enfoque más realista, fue el elegido para los análisis propuestos, estimándose una distancia efectiva para la especie que fue obtenida asignando valores de fricción a la matriz y utilizando datos de movimientos de jaguares.

a) Clasificación de usos de la tierra a partir de imágenes satelitales

Para clasificar los usos de la tierra que conformaron la matriz en los corredores evaluados se utilizaron cuatro imágenes Landsat 5 (TM) obtenidas de la base de datos del Instituto de Pesquisas Espaciales de Brasil (Hodgson *et al.* 2009) que cubren las áreas evaluadas en el presente estudio. Las imágenes del satélite Landsat 5 (TM) que cubren la Provincia de Misiones se corresponden a los paths 223 y 224, rows 78-79 y las fechas de las imágenes utilizadas se corresponden a los meses de marzo y octubre del año 2011. Para evitar los errores producidos por la presencia de nubes en la clasificación se eligieron las siguientes escenas: marzo 2011 (223/78, 223/79) y octubre de 2011(223/79, 224/79). Las imágenes se corregistraron utilizando el sistema cartográfico de la Provincia de Misiones. El corregistro fue realizado mediante sistema de puntos de control con un error promedio menor a 1 pixel. Para la clasificación de los distintos usos de la tierra a través de las imágenes se utilizó el método descrito por Izquierdo *et al.* (2008). Se realizó una clasificación

supervisada utilizando el método de máxima verosimilitud, con un límite de exigencia de 0,95 para todas las clases. Las descripciones y mapas de referencia de Izquierdo et al., (2008) se usaron como referencia para el reconocimiento de la reflectancia espectral de los diferentes usos de la tierra para tomar las muestras para la clasificación. En cada imagen se tomaron muestras de las diferentes clases de usos de suelo con las que se desarrolló el modelo de clasificación. Primero se subdividieron las clases para una clasificación preliminar (Izquierdo *et al.* 2008), y luego se combinaron las subclases para el procesamiento post-clasificación (Tabla 1).

Tabla 1. Clases y subclases usadas para la clasificación supervisada de imágenes en la descripción de los usos de la tierra en los “corredores principales”

Clase	Subclases	Descripción
<i>Bosque</i>	-Bosque de áreas bajas o bañados naturales -Bosque de pendientes -Bosque de áreas altas	Distintos tipos de áreas boscosas diferenciables en las imágenes. Se incluyó también como "bosque" a las áreas bajas de vegetación natural, áreas inundables y bosque de ribera.
<i>Plantaciones forestales</i>		Plantaciones forestales de pino (<i>Pinus spp.</i>), eucaliptus (<i>Eucalyptus sp.</i>) y araucaria (<i>Araucaria angustifolia</i>). Plantaciones forestales de distintas edades. Se tomaron muestras en plantaciones forestales de diferentes edades, pero las plantaciones forestales muy jóvenes y áreas deforestadas para plantación no fueron muestreadas en esta clase por lo que algunas de estas áreas fueron clasificadas como "suelo desnudo"
<i>Plantaciones de Té</i>	-Plantaciones de Té -Plantaciones de yerba mate	Áreas de cultivos homogéneas con superficie mayor a 10 ha.
<i>Suelo desnudo</i>		Áreas que se corresponden a áreas deforestadas para plantación forestal de especies exóticas de pino (<i>Pinus spp.</i>) y eucaliptus (<i>Eucalyptus sp.</i>)
<i>Parquizados</i>		Áreas destinadas al uso ganadero formadas por pasturas y árboles dispersos.
<i>Potreros</i>		Áreas destinadas al uso ganadero formadas por pasturas
<i>Uso mixto</i>		Corresponde con áreas en donde, en una superficie pequeña (menos de 10 ha) no se reconoce una actividad predominante. Es variable a lo largo de la región pero, en general, son áreas de agricultura o ganadería a pequeña escala, pudiendo incluir pequeñas plantaciones forestales, pequeñas porciones de bosque nativo, zonas periurbanas, entre otras.
<i>Cuerpos de agua</i>		

La clasificación se realizó con el paquete de herramientas TERCAT de Envi 4.5. Para realizar la separación se desarrolló un post-procesamiento, utilizando las herramientas de Majority Analysis, Sieve y Clumping del mismo software. Finalmente se procedió a una

edición manual de la imagen resultante para reducir parte de los errores remanentes, utilizando las herramientas de Spatial Analyst de ArcGIS 10.1. (Fig. 5)

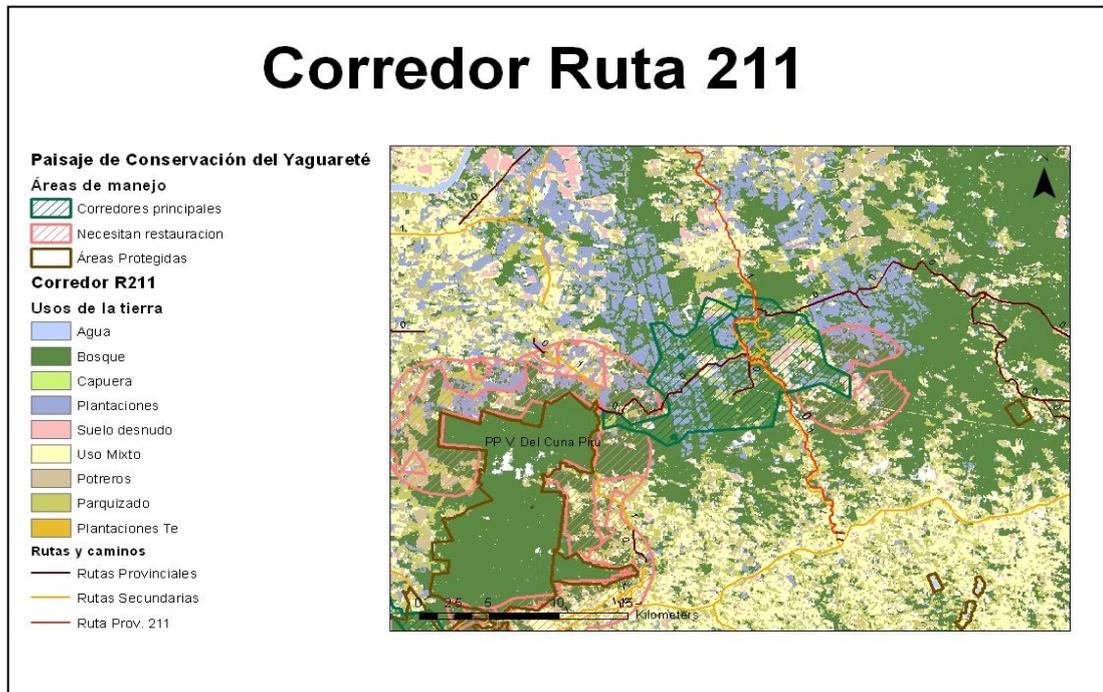


Figura 5. Resultado de la edición manual de la imagen resultante de la clasificación realizada en el Corredor RP211. El resto de las figuras correspondientes a la clasificación de los otros corredores se adjunta en el ANEXO I.

Para realizar la validación de las clasificaciones, utilizando ArcGIS 10.1, se distribuyeron 200 puntos al azar sobre los corredores analizados. Sobre cada punto se aplicó un buffer de 30 m y se comparó el uso de la tierra predominante en el círculo resultante en cada punto en la clasificación realizada y en fotografías aéreas provistas por el Ministerio de Ecología y/o imágenes de alta resolución de Google Earth según disponibilidad (Izquierdo *et al.* 2008; De Angelo 2009). Sobre un total de 158 puntos de validación caracterizados, se calculó el porcentaje de correspondencia observado para las clases más representativas (bosques, plantaciones, uso mixto y potreros), agrupándose las clases restantes en otros usos. La concordancia general fue del 92%, con la mayor proporción de desaciertos (8%) ocurridos en los “otros usos”. Esto indica una alta precisión en la clasificación de imágenes realizada para la caracterización de la matriz (índice de Kappa de 0.859)(López de Ullibarri Galparsoro y Pita Fernández 1999).

b) Transformación de la matriz en superficie de fricción

Los diferentes usos de la tierra que componen la matriz fueron transformados a distintos valores de fricción para el movimiento de la especie. Para ello se hizo una revisión bibliográfica y se consultaron a dos investigadores de jaguares que trabajan en la región del CV desde hace más de 10 años. Los criterios para asignar un valor de fricción determinado fueron la dificultad con que la especie se desplaza por ese uso de la tierra (agua > área con poca cobertura de dosel > buena cobertura de dosel), pero sobretodo, la posibilidad de que la especie entre en conflicto con ganado y el hombre, o que sea cazado o muerto mientras se desplaza (e.g. alta densidad humana y de ganado > baja densidad humana y de ganado). El rango de variación fue entre 1, que correspondió al bosque, y 1000 que correspondió a las rutas asfaltadas (Tabla 2). Por otro lado, se realizó la transformación de los elementos vectoriales (las rutas) a formato ráster. Una vez hecho esto, se incorporaron las rutas al resto de la matriz, obteniendo una capa ráster con los valores de fricción asignados previamente. El tamaño de celda utilizado para todas las capas ráster fue de 100 píxeles. Para el desarrollo de los procesamientos descritos anteriormente se utilizó el programa ArcGIS 10.1.

Tabla 2. Descripción de los usos de la tierra en los “corredores principales” y las amenazas que representan para el jaguar en esta región del BAAP. Valores de fricción asignados a los usos utilizados para la transformación de la matriz en superficies de fricción.

Usos de la tierra	Descripción	Valor de fricción (unidades de costo)
<i>Bosque</i>	Distintos tipos de áreas boscosas diferenciables en las imágenes. Cobertura de dosel continua; escaso conflicto con el hombre para el jaguar.	1
<i>Plantaciones forestales</i>	Plantaciones forestales de pino (<i>Pinus spp.</i>), eucaliptus (<i>Eucalyptus sp.</i>) y araucaria (<i>Araucaria angustifolia</i>) de distintas edades. Mala cobertura de dosel; bajo conflicto con el hombre.	10
<i>Plantaciones de Té</i>	Áreas de cultivos perennes. Mala cobertura de dosel; bajo conflicto con el hombre.	20
<i>Suelo desnudo</i>	Generalmente áreas de plantaciones forestales deforestadas. Mala cobertura de dosel; bajo conflicto con el hombre.	30
<i>Parquizados</i>	Áreas de uso ganadero. Mala cobertura de dosel; conflicto ganado-hombre moderado.	40
<i>Potreros</i>	Áreas uso exclusivo ganadero; Mala cobertura de dosel; conflicto ganado-hombre.	40
<i>Uso mixto</i>	Áreas de agricultura o ganadería a pequeña escala que puede incluir plantaciones forestales y zonas periurbanas, entre otras. Mala cobertura de dosel; conflicto ganado-hombre alto.	60
<i>Cuerpos de agua</i>	Cuerpos de agua lóticos y lénticos; Sin cobertura de dosel, dificultad de desplazamiento alta	70
<i>Ruta consolidada</i>	Rutas de tierra principales; tránsito moderado; riesgo de atropellamiento y acceso para los cazadores.	500
<i>Rutas asfaltadas</i>	Rutas de asfalto; tránsito elevado; riesgo de atropellamiento; acceso para cazadores.	1000

c) Cálculo de distancias efectivas entre nodos

Las capas ráster de la matriz con los valores de fricción asignados, se utilizaron para calcular las distancias efectivas entre todas las distintas unidades de hábitat o nodos adyacentes de los corredores estudiados. La distancia efectiva fue equivalente al costo acumulado a través del camino de menor costo entre cada par de nodos adyacentes. Para obtener los valores de distancias efectivas entre cada par de nodos se utilizó el software Linkage Mapper 0.9.

d) Distancia de movimientos del jaguar en el CV

El jaguar es una especie con altos requerimientos territoriales. En el CV se ha estimado que las hembras necesitan territorios de entre 7.000 y 12.000 ha y que los machos pueden tener territorios mayores a las 30.000 ha (Paviolo *et al.* datos no publicados; Crawshaw Jr. 1995). Si consideramos que algunas de las áreas núcleo del Paisaje Óptimo a menudo no son lo suficientemente grandes para sostener varios individuos de la especie, sería deseable que los corredores entre estas áreas permitan el desplazamiento frecuente de la especie o incluso que permitan unir partes del territorio de un individuo. Debido a ello durante el desarrollo de este trabajo nos enfocamos en evaluar la conectividad funcional de la especie, pero a una escala de movimiento de un individuo durante sus actividades de vida normales y no durante movimientos de dispersión ocasionales.

Para estimar la probabilidad directa de dispersión del jaguar entre los nodos, utilizamos datos de telemetría de tres hembras adultas obtenidos de diferentes estudios realizados en esta región del BAAP (Paviolo *et al.* datos no publicados; Crawshaw Jr. 1995). Concretamente, utilizamos el valor de MLDAC (mean linear distance to arithmetic center of locations), que es el promedio de las distancias de las localizaciones al centro del *home range* (Crawshaw Jr. 1995) y proporciona información sobre los movimientos que realizan los individuos dentro del territorio previamente establecido (Tabla 3).

Tabla 3. Promedio de las distancias de las localizaciones al centro del *home range* (MLDAC) de las hembras de jaguar utilizadas para el análisis.

Individuo	Distancia media al punto medio del home range (km)
Hembra 1	3.01
Hembra 2	4.65
Hembra 3	3.3

Para convertir esta distancia (euclídea) a una distancia efectiva, se calculó el valor medio de resistencia de la matriz dentro de los territorios (*home ranges*) de las hembras de jaguar estudiadas y se multiplicó por el MLDAC (Figura 4). El promedio de de un valor de la distancia media recorrida (en valor de costo acumulado) por las hembras de jaguar en estos territorios fue de 58.225 m.

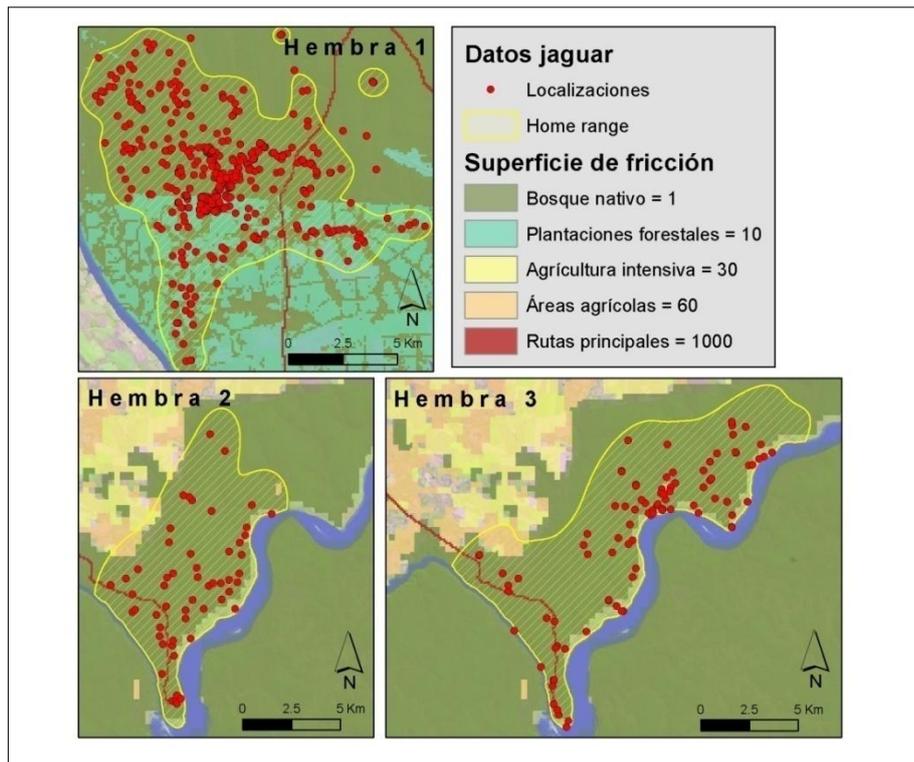


Figura 6. Usos de la tierra con los valores de fricción correspondientes en los *home ranges* de las tres hembras utilizadas para el análisis.

Análisis de conectividad

Una vez procesados los nodos y los enlaces en las capas de sistemas de información geográfica se realizó el análisis de conectividad en sí mismo, utilizando el programa Conefor (versión 2.6., disponible en <http://www.conefor.org>). Este programa permite cuantificar la contribución de cada parche de hábitat al mantenimiento de la conectividad ecológica (Saura y Torné 2009). Está concebido como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones en la planificación del paisaje. El programa incluye diversos índices basados en grafos, entre los que destaca por sus mejores prestaciones y propiedades el índice de probabilidad de conectividad (PC). En este trabajo utilizamos el índice PC y las tres fracciones en las que se desglosa. Complementariamente utilizamos el índice de centralidad BC (PC). A continuación se detallan los índices utilizados y su interpretación para el análisis.

1. Índices de conectividad y disponibilidad de hábitat

El índice de probabilidad de conectividad (PC) está desarrollado bajo el concepto de disponibilidad de hábitat, de manera que considera un parche de hábitat en sí mismo como un espacio en el que existe conectividad, e integra en una única medida el área conexas

existente dentro de los parches de hábitat (*intrapatch connectivity*) con el área que está disponible a través de las conexiones con el resto de parches de hábitat (*interpatch connectivity*) (Saura y Pascual-Hortal 2007). El índice PC se define en concreto como la probabilidad de que dos puntos ubicados al azar dentro del paisaje queden situados en unidades de hábitat interconectadas entre sí, para un conjunto de nodos (parches de hábitat) y enlaces (conexiones funcionales) lo que puede ocurrir tanto si esos dos puntos caen dentro de un mismo parche de hábitat como si se sitúan en dos parches diferenciados pero con una fuerte conexión funcional entre ellos (Saura y Pascual-Hortal 2007),:

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j P_{ij}^*}{A_L^2}$$

donde a_i y a_j son las áreas de los parches de hábitat i y j ($i \neq j$), y A_L es el área total del paisaje (o área de estudio). En Pascual-Hortal y Saura (2006) y Saura y Pascual-Hortal (2007) se pueden encontrar más detalles sobre las fórmulas, propiedades, ventajas y forma de interpretación de PC.

PC se calcula sobre grafos ponderados y un modelo probabilístico de conectividad, en el que cada conexión entre dos parches queda caracterizada por una determinada probabilidad de movimiento o dispersión entre los mismos. Según este modelo probabilístico, la probabilidad de que un individuo se mueva de un parche a otro se relaciona negativamente con la distancia euclídea/efectiva, es decir, que la probabilidad de movimiento directo entre cada par de parches (p_{ij}) se obtiene mediante una curva exponencial negativa en función de la distancia euclídea/efectiva entre nodos (distancia de borde a borde de las cuadrículas). En nuestro caso, la probabilidad directa de dispersión del jaguar entre los nodos se ajusta de modo que $p_{ij}=0,37$ para la distancia de 58225 m (distancia de las hembras de jaguar), y que $p_{ij}=1$ cuando la distancia entre parches es igual a cero.

Para realizar la priorización de los parches de bosque, concretamente medimos el porcentaje de variación del índice PC (dPC), que cuantifica la disminución porcentual en la conectividad y disponibilidad de hábitat causada por la pérdida de un determinado parche en el paisaje, de acuerdo con la siguiente expresión (Urban y Keitt 2001; Saura y Pascual-Hortal 2007):

$$dPC_k = 100 \cdot \frac{PC - PC_{elim,k}}{PC}$$

donde dPC_k es la importancia del parche k para el mantenimiento de la conectividad y disponibilidad de hábitat en el paisaje según este índice, PC es el valor del índice en el paisaje original (antes de la eliminación de ningún parche), y $PC_{elim,k}$ es el valor del índice tras la eliminación del parche k . El software realiza este cálculo para todos los nodos y enlaces que componen el paisaje lo que permite priorizar e identificar las zonas de hábitat más críticas para el mantenimiento de la conectividad global (medida por el índice PC).

El índice PC puede dividirse además en tres fracciones que cuantifican las diferentes formas en las que un determinado elemento k del paisaje puede contribuir a la conectividad global del mismo. El valor de dPC quedaría desglosado de acuerdo a la siguiente expresión (Saura y Pascual-Hortal 2007; Saura y Rubio 2010):

$$dPC_k = dPC_{intrak} + dPC_{fluxk} + dPC_{connector_k}$$

- dPC_{intrak} es la contribución del parche k en términos del área (o calidad) de hábitat disponible en su interior (*intrapatch connectivity*). Esta fracción es completamente independiente de la posición topológica de k dentro del paisaje y de la intensidad de las conexiones entre los diferentes parches, no depende de las capacidades de dispersión de las especies y tendría el mismo valor aunque k estuviera completamente aislada.
- dPC_{fluxk} corresponde al flujo de dispersión (ponderado por el área u otro atributo utilizado para caracterizar los parches de hábitat) recibido u originado a través de las conexiones del parche k con el resto de parches de hábitat presentes en el paisaje, siendo k el origen o destino de dichas conexiones y flujos de dispersión. Esta fracción depende tanto del atributo del parche como de su posición en el paisaje respecto al resto de parches (*interpatch connectivity*). dPC_{fluxk} refleja lo bien conectado que está k con el resto de del hábitat existente en el paisaje, pero no la importancia de k para mantener los flujos y conexiones entre otras zonas de hábitat, aspecto que cuantifica la siguiente fracción.
- $dPC_{connector_k}$ evalúa la contribución del parche k como elemento conector o elemento puente (*stepping stone*) entre el resto de elementos del paisaje, es decir, cuantifica en qué medida k facilita los flujos dispersivos que son potenciados y pasan a través de k . Esta fracción es independiente del área o cualquier otro atributo local de k y tan solo depende de su posición topológica en el mosaico territorial.

El índice BC se define como la suma de los caminos más cortos entre todos los pares de parches que pasan a través del parche k . Este índice cuantifica en qué medida está involucrado el parche k en los movimientos de flujo dispersivo entre el resto de los parches que forman el paisaje (Freeman 1997). El índice que se utilizó en este trabajo, BC(PC) incorpora a esta definición el área de los parches y las distancias topológicas entre los pares de parches basadas en el mismo modelo probabilístico que utiliza el índice PC (Bodin y Saura 2010):

$$BC_k^{PC} = \sum_i \sum_j a_i a_j p_{ij}^{*k} (i, j \neq k \text{ y } ij \in nm)$$

donde a_i y a_j son las áreas de los parches de hábitat i y j ($i \neq j$), p_{ij}^{*k} es el producto de la máxima probabilidad entre los parches i y j (perteneciente a nm) en el paisaje intacto y nm representa la lista de las combinaciones entre los parches de hábitat i y j ($i \neq j$) en los que k está involucrado entre los caminos más cortos entre i y j del paisaje inicial.

2. Interpretación de los índices

Tanto dPC como $dPCconnector$ evalúan la importancia de los parches para mantener la conectividad del paisaje mediante la simulación de experimentos de remoción de parches, por lo tanto, el ranking de parches prioritarios se realiza en función de cuánta conectividad se pierde tras la eliminación de los mismos. El índice BC(PC) calcula la importancia relativa de los parches de bosque en el paisaje intacto, es decir, sin realizar experimentos de remoción de parches. Sin embargo, $dPCconnector$ y BC(PC) tienen como denominador común que ambos evalúan cuán importante puede ser un nodo o parche en el mantenimiento de la conectividad y la disponibilidad de hábitat basándose en la situación topológica del mismo. Por ello, la comparación entre $dPCconnector$ y BC(PC), aporta información valiosa para la toma de decisiones a la hora de realizar el ranking de parches prioritarios. La relación entre ambos se interpreta tal y como se describe a continuación (para más detalles, ver Bodin y Saura 2010):

- Valor elevado de $dPCconnector$ y valor elevado o similar de dBC (PC); están funcionando como elementos clave en el mantenimiento de la conectividad y están involucrados en gran parte de los flujos dispersivos del paisaje intacto. Su pérdida o

- degradación no podría verse compensada completamente por los parches remanentes, de manera que la conectividad global disminuiría significativamente.
- Valor bajo de $dPC_{connector}$ y valor elevado de $dBC(PC)$; a pesar de que esos parches están involucrados en gran parte de los flujos dispersivos del paisaje, la pérdida o degradación de los mismos podría ser compensada por los parches remanentes en mayor o menor medida. Esto dependerá también de la capacidad dispersiva de la especie y de si es capaz o no de utilizar los parches remanentes.

Por otro lado, y con el objetivo de facilitar la interpretación de los resultados obtenidos para estos índices, se calculó el porcentaje de parches que componen el 90% del valor del índice PC, BC (PC). Los parches que están dentro de ese valor constituyen el 90% de la conectividad expresada por cada uno de estos índices.

RESULTADOS

Los corredores principales del paisaje de conservación resultaron representados en grafos de entre 469 y 1402 nodos (dados por las fracciones de bosque dentro de cada predio), sobre los que fueron calculadas distancias efectivas y su importancia relativa de acuerdo a los diferentes índices analizados (Tabla 4). Las variaciones en la composición de coberturas y usos de la tierra de la tierra en cada corredor (ver Anexo II) y la disposición de los nodos, determinaron diversas configuraciones de los grafos y distancias efectivas de menor costo entre los nodos en función de la potencialidad para los movimientos del jaguar como especie focal (Tabla 4). Para una misma distancia de movimiento efectivo estimada para la especie en la región ($d=58225$), los corredores analizados mostraron en general una mayor importancia de la fracción dPC_{flux} del índice PC (Tabla 4). El valor de la fracción $dPC_{connector}$ que es independiente de la superficie de los fragmentos, presentó aportes a la conectividad global de entre el 14 y el 29%, salvo en el corredor RP15-16 que mostró el valor más bajo para esta fracción. Este corredor presenta a su vez el valor más bajo del valor promedio de costo relativo de movimiento entre los parches (distancia efectiva). Por otro lado, la fracción dPC_{intra} que representa exclusivamente el aporte de la superficie de cada parche a la conectividad global, tuvo un peso menor en todos los corredores, variando entre el 0,04 y 3%.

Tabla 4. Caracterización de los corredores analizados como grafos (cantidad de nodos y atributos promedios de los nodos y las conexiones de menor coste en la matriz de fricción) y resultados generales del análisis de conectividad y disponibilidad de hábitat (aportes en porcentaje de los tres componentes del índice de cambios en la probabilidad de conectividad dPC) (Saura y Rubio 2010)

Corredor	Nº Nodos	Superficie Nodos (Has)	Promedio Dist. Efectivas (fricción)	dPCintra (%)	dPCflux (%)	dPCconnector (%)
<i>RN101</i>	469	8(±13)	12265(±20823)	0,04	81,7	18,7
<i>RN14</i>	943	69(±503)	9654(±19554)	3,0	82,6	14,4
<i>RP211</i>	1402	28(±88)	6458(±19139)	0,1	71,0	29,0
<i>RP15-16</i>	741	101(±390)	3903(±10869)	0,7	96,7	2,6
<i>RP17-20</i>	689	136(±601)	11456(±28110)	0,8	80,3	19,0

Al observar los resultados en cada corredor (Figs. de 7 a 11), vemos que los valores de dPC (Figs.7-11A) permite priorizar de manera relativa la importancia de todos los parches según su aporte para la disponibilidad y conectividad del hábitat dentro del corredor. De manera general, los valores más altos de dPC se concentraron en los parches con mayor superficie (rojo más intenso), mientras que los más pequeños y aislados presentaron valores más bajos (amarillo). Sin embargo, al observar la importancia topológica (Figs. 7-11, B y C), vemos cómo en la mayoría de los corredores una serie de parches se destacan al funcionar como elementos conectores (rojo más intenso) de manera no siempre relacionada al tamaño del parche (valores altos de BC (PC) y/o dPCconnector). En algunos corredores, estos mismos parches pueden ser también importantes por la superficie de hábitat, es decir, que tienen valores altos tanto de dPC como de BC (PC) y dPCconnector constituyendo los parches de mayor relevancia para la conectividad y disponibilidad de hábitat. Sobre esta base, se destaca que para cada corredor existe una serie de parches altamente relevantes que representan un bajo porcentaje del total de parches, pero capaces de mantener un 90% de la conectividad de acuerdo a los diferentes índices (dPC, BC (PC) y dPCconnector (Tabla 5).

Tabla 5. Numero de parches expresado en porcentajes, que sumados componen el 90% de la conectividad expresada en los índices dPC, BC(PC) y la fracción dPCconnector.

Corredor	Total Parches (Nº)	dPC (90%)	BC(PC) (90%)	dPCconnector (90%)
<i>RP101</i>	478	46%	8.7%	3.8%
<i>RN14</i>	937	18%	3.7%	2.3%
<i>RP211</i>	1281	35%	6.3%	2.3%
<i>RP17_20</i>	685	9%	4%	0.8%
<i>RP15_16</i>	789	19%	5.5%	3%

Por ejemplo, en el corredor RN101 (Fig.7) donde los parches son más pequeños y la matriz ofrece mayor resistencia al movimiento (Tabla 4), son necesarios un mayor número de parches para alcanzar el 90% de la conectividad global (dPC) (Tabla 5). El 90% del índice BC(PC) se concentra en el 8.3% de los parches, los cuales destacan las áreas donde actualmente se podrían dar la mayor cantidad de movimientos de la especie entre el Parque Provincial de Urugua-í con el Parque Prov. Gpaque. H. Foerster (Fig. 7B). En estas áreas, y particularmente en aquellas con altos valores de dPCconnector (Figura 7C), es donde las acciones que garanticen el movimiento de los jaguares tendría el mayor impacto en mantener la conectividad en el corredor. En el corredor RN14 (Fig. 8), el índice de conectividad global se concentra en unos pocos parches (18%), al igual que el índice BC (PC), que se concentra en el 3.7% de los parches. Estos parches conectan la Reserva de la Biósfera Yabotí con el Parque Provincial Piñalito hacia el norte, y estas dos áreas protegidas a su vez, con los grandes remanentes de bosque situados al oeste de la Ruta 14 donde se encuentra el Parque Provincial Cruce Caballero. Las áreas donde se concentran los parches con mayores valores de estos índices demarcan zonas críticas para la funcionalidad de estas áreas como corredores para el jaguar (Fig. 8B y 8C).

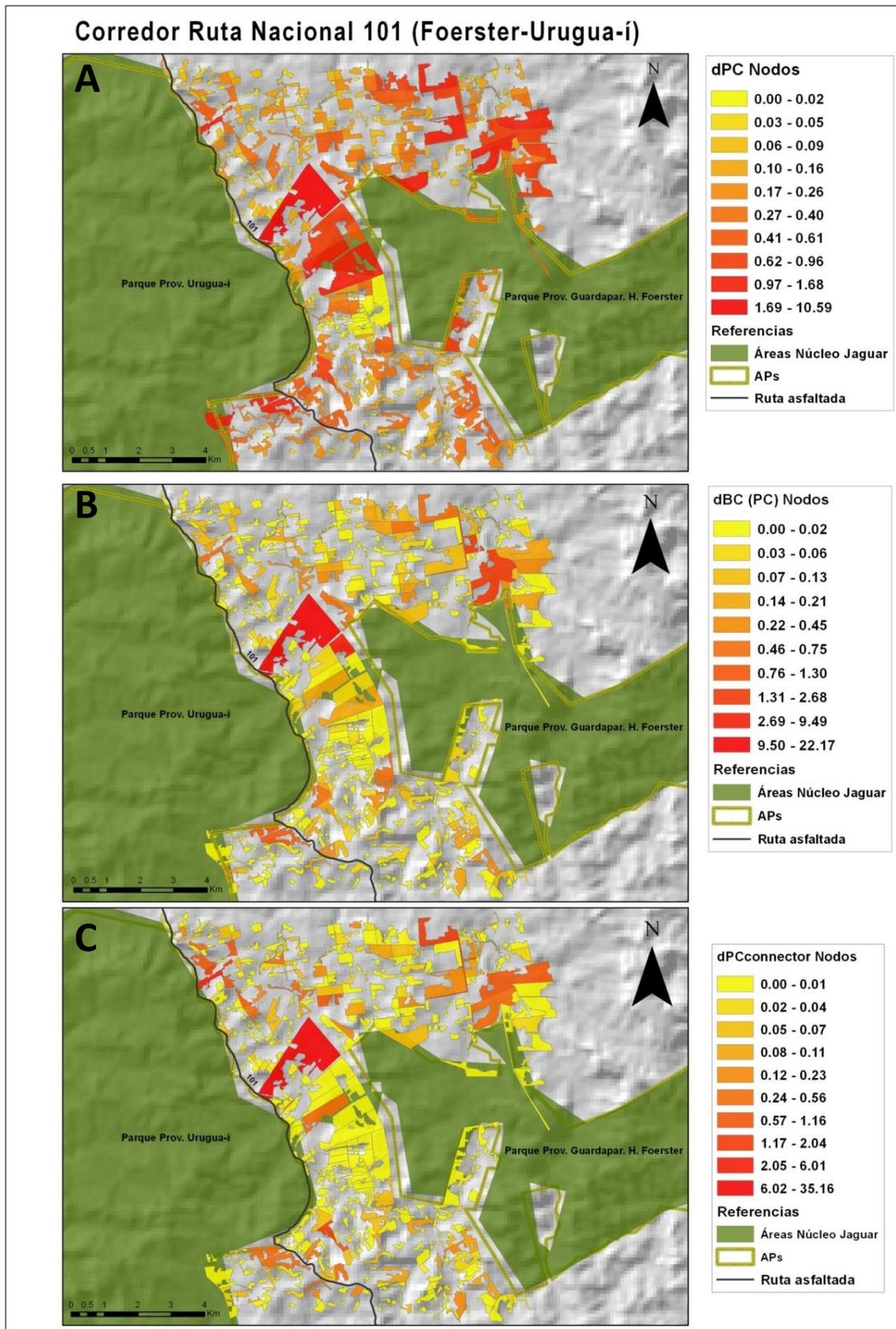


Figura 7. Importancia relativa de los parches del corredor de la Ruta Nacional 101 de acuerdo a los índices de conectividad dPC, BC(PC) y la fracción dPCconnector del índice PC. Los valores de la leyenda muestran los valores de cada índice normalizados por el total para cada caso.

Corredor Ruta Nacional 14

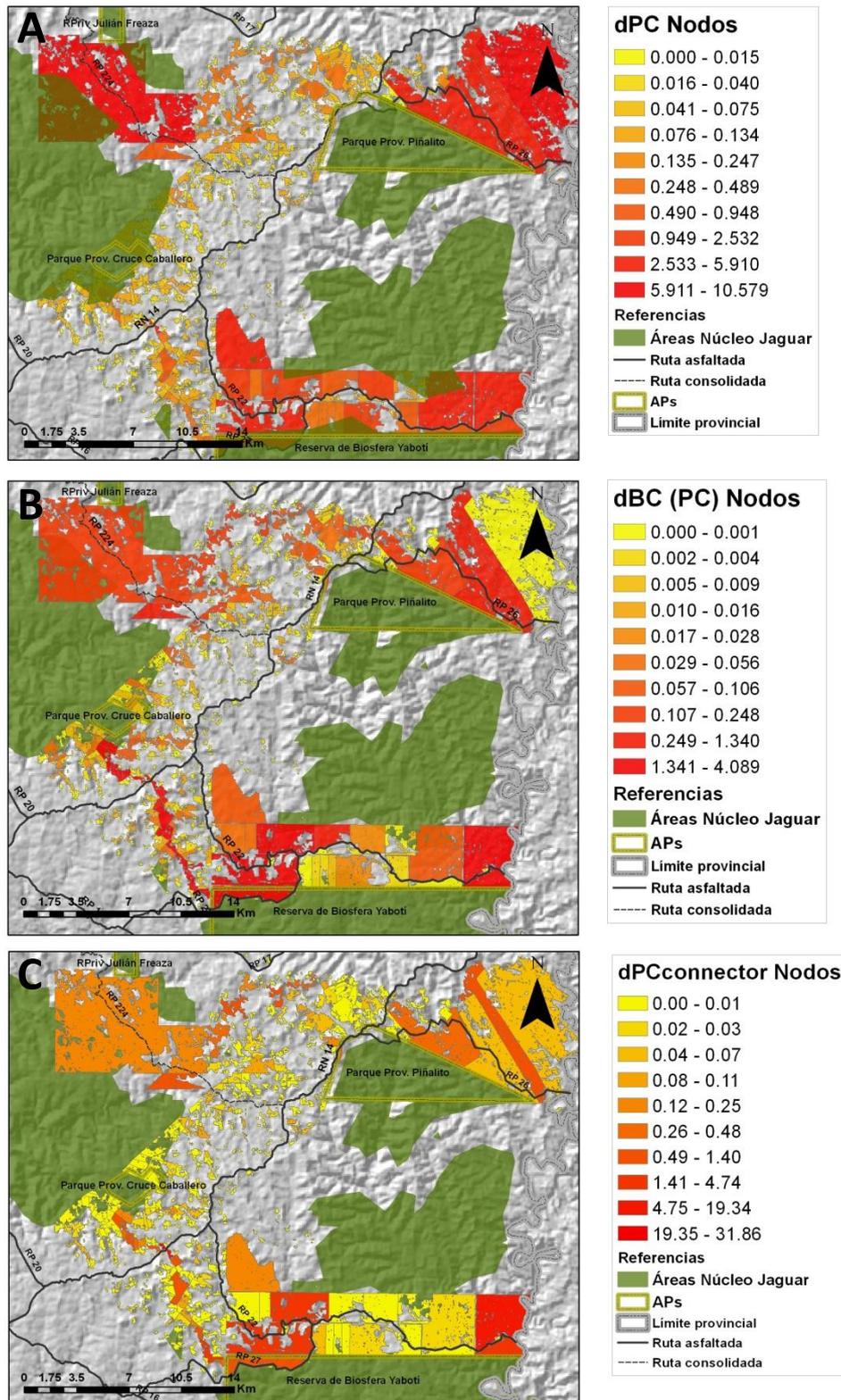


Figura 8. Importancia relativa de los parches del corredor de la Ruta Nacional 14 de acuerdo a los índices de conectividad dPC, BC(PC) y la fracción dPCconnector del índice PC. Los valores de la leyenda muestran los valores de cada índice normalizados por el total para cada caso.

En el corredor RP211 (Fig. 9), que es el que presentó el mayor número de parches (>1000), gran parte de las conexiones (90% del índice BC (PC)) se concentran en el 6.3% de los parches. Estos parches son los que posiblemente aún estén permitiendo la conectividad entre el Parque Provincial Valle del A. Cuña Pirú y el Parque Prov. Salto Encantado con el resto del CV. Entre ellos, hay unos 30 parches que son irremplazables en cuanto a las conexiones que mantienen en el corredor (i.e. concentran el 90% del dPCconnector, Tabla 5).

En el corredor RP15-16, entre los parches que sostienen el mayor número de conexiones, se destacan aquellos situados a ambos lados de la ruta 16 (Fig. 10B). Varios de estos parches además funcionan como elementos conectores irremplazables de las áreas de bosque situadas más al sur del CV con las áreas de bosque situadas al norte, conectadas también a través del corredor RP17-20, que se describe a continuación (alto dPCconnector, Fig. 10C).

En RP17-20 (Fig. 11), que concentra a los parches de mayor tamaño (Tabla 4), tan sólo el 9% de parches concentra el 90% del índice de conectividad global (dPC) (Tabla 5). Por otro lado, el 4% de los parches constituyen el 90% del índice BC(PC), funcionando como elementos conectores entre el corredor RP15-16 al sur y las áreas protegidas situadas al norte del CV (Parque Provincial y Reserva Privada de Urugua-í). Entre ellos, se destacan algunos parches al norte y sur de la ruta 17, que corresponde a la zona llamada “cerro 60” donde se concentran numerosas conexiones (alto BC(PC)) de carácter irremplazable (elevado dPCconnector) (Fig. 12 C).

Corredor Ruta Prov. 211

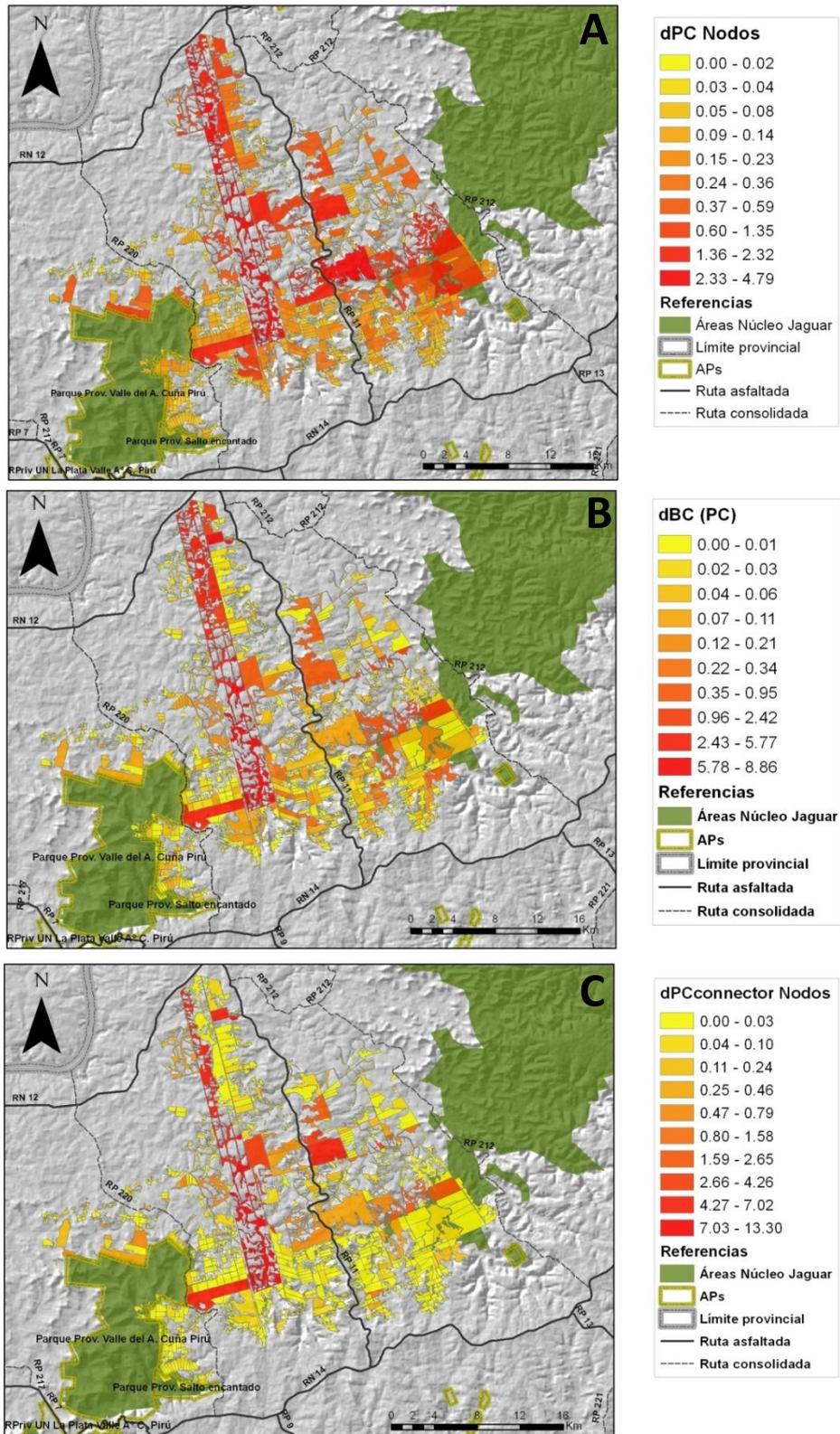


Figura 9. Importancia relativa de los parches del corredor de la Ruta Provincial 211 de acuerdo a los índices de conectividad dPC, BC(PC) y la fracción dPCconnector del índice PC. Los valores de la leyenda muestran los valores de cada índice normalizados por el total para cada caso.

Corredor Rutas Provinciales 15 y 16

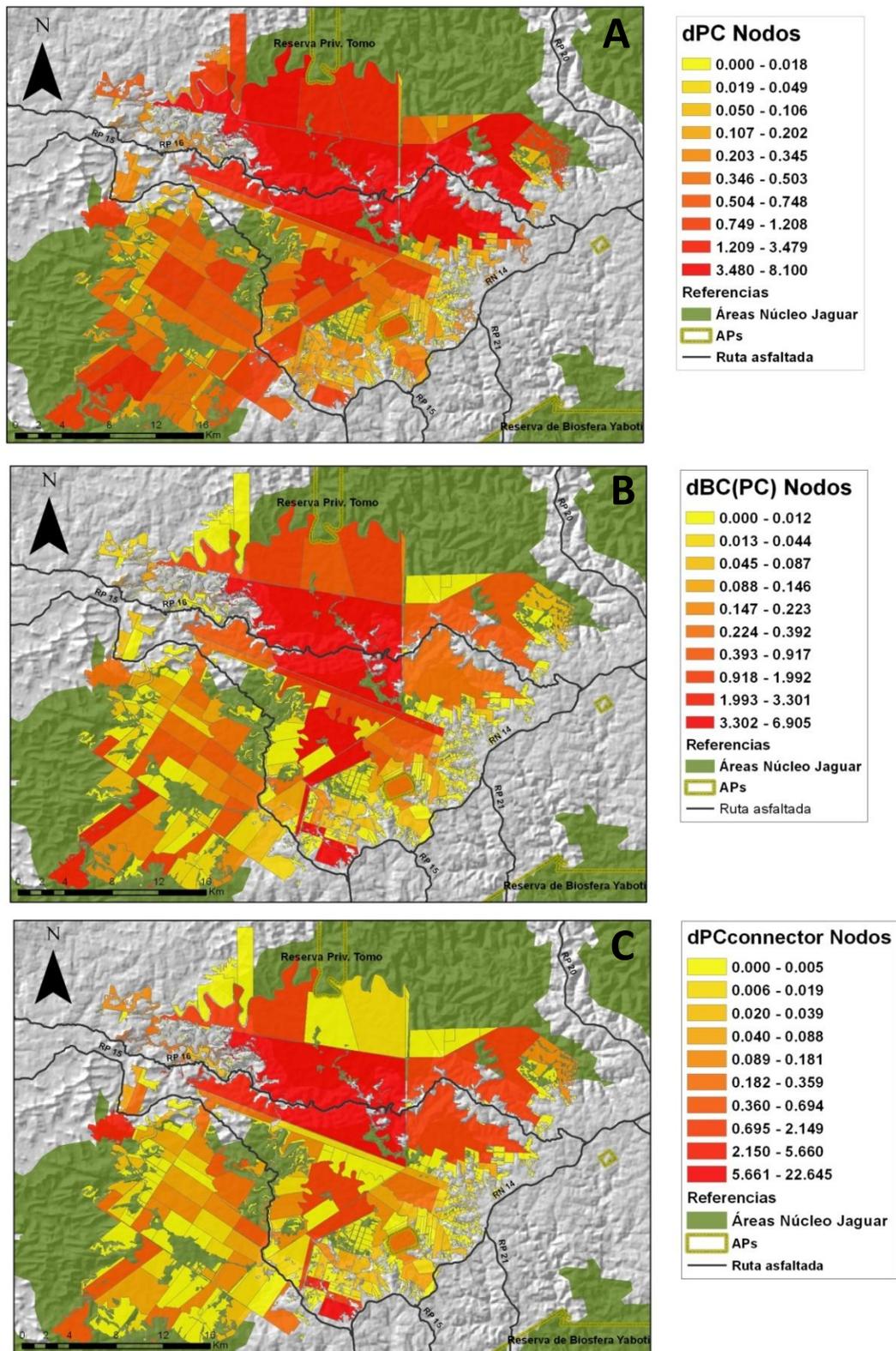


Figura 10. Importancia relativa de los parches del corredor de las Rutas Provinciales 15 y 16 de acuerdo a los índices de conectividad dPC, BC(PC) y la fracción dPCconnector del índice PC. Los valores de la leyenda muestran los valores de cada índice normalizados por el total para cada caso.

Corredor Rutas Provinciales 17 y 20

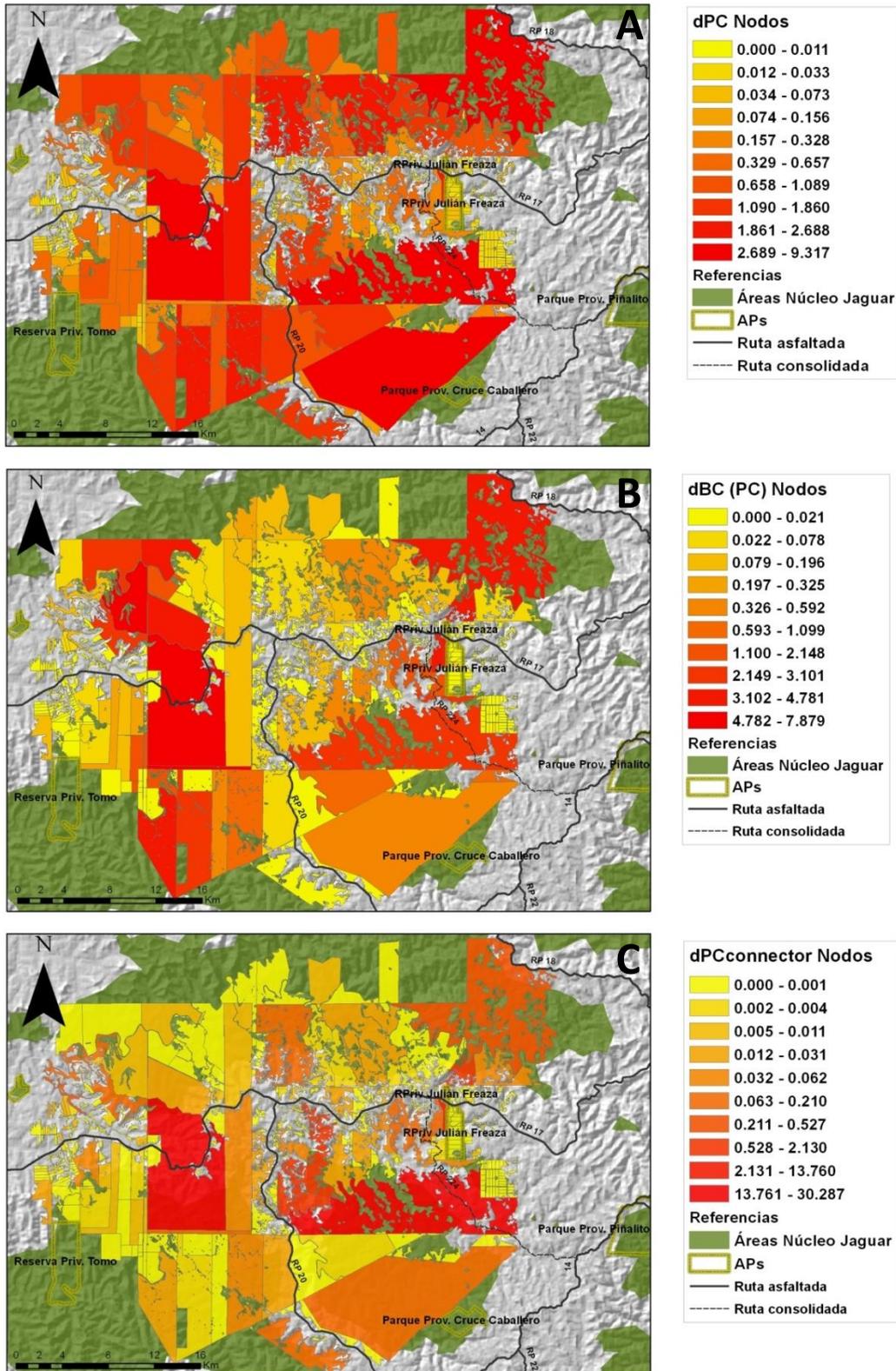


Figura 11. Importancia relativa de los parches del corredor de las Rutas Provinciales 17 y 20 de acuerdo a los índices de conectividad dPC, BC(PC) y la fracción dPCconnector del índice PC. Los valores de la leyenda muestran los valores de cada índice normalizados por el total para cada caso.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los corredores principales del paisaje de conservación del yaguararé, constituyen áreas críticas para el mantenimiento de esta población de jaguares, una de las últimas de Argentina (De Angelo 2009). Estos corredores presentan situaciones dispares en cuanto a su capacidad para permitir el movimiento de esta especie, para lo cual aún no existía información detallada que permitiera evaluar la importancia relativa de los diferentes sectores de cada corredor para delinear acciones de manejo en estas áreas. Este trabajo es una primera aproximación para explorar la conectividad funcional para estos corredores, y priorizar acciones de manejo y ordenamiento territorial de los mismos. Los resultados aquí expuestos destacan que en cada corredor existen parches claramente más relevantes para el mantenimiento de la disponibilidad y conectividad del hábitat (Figs. 7-11 A y B), e incluso algunos de ellos mantienen conexiones que en caso de desaparecer no podrían ser reemplazadas por otros parches (Figs. 7-11C).

De manera general, el índice PC estuvo dominado por la fracción PCflux en todos los corredores analizados, mientras que para las otras dos fracciones, dPCintra y dPCconnector, los valores fueron relativamente más bajos. Esto es esperable ya que el análisis fue realizado en áreas relativamente pequeñas (de no más de 30 km de distancia máxima entre parches) y estuvo enfocado en una especie con una alta capacidad de movimiento como el jaguar (Pascual-Hortal y Saura 2006; Saura y Pascual-Hortal 2007). Para este caso, y particularmente en áreas donde muchos parches son contiguos, los individuos podrían moverse por el paisaje y alcanzar cualquier otro parche de manera directa, sin necesitar elementos conectores (aspectos determinados por dPCconnector) (Hodgson *et al.* 2009; Saura y Rubio 2010). En este análisis, sin embargo, el valor de la fracción dPCconnector fue en general mayor en aquellos corredores con una matriz agresiva, es decir, con valores promedios de fricción elevados (Tabla 4), indicando cómo la falta de permeabilidad de la matriz realza la importancia relativa de los parches como puentes o “stepping stones” (Gurrutxaga *et al.* 2011).

Por otra parte, en los “corredores principales”, los parches de hábitat que fueron objeto del análisis (parches de bosque divididos por los predios) presentaron en su mayoría una superficie muy reducida (en promedio de no más de 150 ha) como para por sí mismos mantener poblaciones estables de yaguararé (aspecto determinado por la fracción dPCintra) o para actuar como destino final y estable de los individuos que se mueven dentro del territorio (aspecto determinado por la fracción dPCflux). En el Paisaje Óptimo de

conservación del yaguararé estas dos funciones las deberían cumplir principalmente las “áreas núcleo”, mientras que los “corredores principales” fueron definidos como áreas que deben presentar buenas condiciones para el movimiento y dispersión de la especie en el CV (Schiaffino *et al.* 2011). Por ello, este análisis se centró en la determinación de los parches de bosque que actúan como elementos conectores y que habría que conservar para que los “corredores principales” cumplan su función de conectar las “áreas núcleo” (aspecto determinado por la fracción dPCconnector y el índice dBC(PC)).

En los corredores donde la matriz que separa los parches de bosque remanente es menos permeable, los parches con altos valores de BC(PC) y dPCconnector constituyen áreas particularmente importantes para el mantenimiento del corredor como tal. Este es el caso de los corredores RP211 y RN101, donde se identificaron áreas con parches de bosque con pequeña superficie que destacan por su función como elementos conectores, muchos de los cuales destacan también por su carácter irremplazable ya que, además de tener valores altos de dBC(PC), tienen valores altos de dPCconnector (Figs. 7 y 9 C). En RP211, estos parches conectan el Parque Provincial Valle del A. Cuña Pirú y el Parque Prov. Salto Encantado con el resto del CV. Estas áreas protegidas tienen una superficie total de 13.282 hectáreas y constituyen unas de las áreas de la distribución más austral del yaguararé del planeta (De Angelo 2009; Paviolo 2010). Considerando los grandes territorios que necesitan estos animales para vivir (Crawshaw Jr. 1995) sólo unos pocos individuos posiblemente sobreviven en estas áreas al sur del Corredor Verde y posiblemente parte de sus territorios ocupen o atraviesen el corredor analizado. Es por ello, que los parches identificados en este análisis son vitales para que estos animales continúen utilizando estas áreas y no queden aislados en las áreas protegidas. Es posible que sin esta conexión la especie desaparezca rápidamente en esas áreas protegidas.

El otro corredor del que depende la conexión hacia un área que constituye el límite austral de la distribución de la especie es el RN14, que conecta el área central del CV con la Reserva de la Biosfera Yabotí (De Angelo 2009; Paviolo 2010). Esta reserva de 245.000 hectáreas contiene a los Parques Prov. Esmeralda, Moconá y Caá Jarí, y forma un solo bloque con el Parque Estadual do Turvo en Brasil. Las densidades estimadas para los jaguares en Yabotí representan las más bajas detectadas para la especie por lo que se estima que quedan alrededor de 10 individuos (Paviolo 2010). A pesar de la gran superficie de esta Reserva, el bajo número de individuos nos indica que esta región tampoco podría mantener una población de jaguares por sí misma, lo que aumenta la relevancia del mantenimiento de la conectividad en la zona de la ruta nacional 14. Si bien se pudo

detectar un área que podría mantener aún algún nivel de conectividad en esta zona, la alta degradación y desaparición del bosque nativo y el proyecto de asfaltado de las rutas nacional 14 y provincial 27 en esta zona ponen en altísimo riesgo la conectividad en esta región. Esto realza la importancia de las recomendaciones brindadas a partir del análisis realizado en esta tesis (ver sección recomendaciones).

En el caso de RN101, entre los parches que destacan como elementos conectores, se encuentran los que conforman el corredor biológico creado en el marco del proyecto “Corredor de Biodiversidad Foerster-Urugua-í” (para más detalles sobre el proyecto, ver <http://www.conservacion.org.ar>). Estos parches permiten que el Parque Prov. Gpaque. Foerster, de 4.160 hectáreas no quede aislado del resto del CV, conectándolo a través del Parque Prov. Urugua-í, el cual conserva aún 85.000 hectáreas de superficie. Los resultados de este trabajo realzan la importancia del área central del corredor creado en este proyecto (Fig. 7), y también permiten visualizar otros fragmentos que podrían ser relevantes para ser incorporados en el mismo (Fig. 7 B y C)

En los corredores RN14, RP15-16 y RP17-20 los parches de bosque que destacan por su papel como elementos conectores se podrían clasificar en dos grupos en función de la superficie que presentaron y de los valores para los índices. Por un lado, aquellos parches con grandes superficies que destacan por su rol como elementos conectores (Figs. 8, 10, 11 B y C) pero que también destacan por la superficie de hábitat que albergan, mostrando valores elevados de dPC, además de dBC (PC) y dPCconnector (Fig. 8, 10, 11 A). El otro grupo de parches tiene superficies más pequeñas y se destacan por su papel como elementos conectores (Figs. 8-10 B y C), no así por la disponibilidad de hábitat.

Si bien se detectaron patrones importantes que permiten priorizar a los parches que componen cada corredor, es importante destacar las limitaciones que se encontraron durante el análisis, entre ellas a las atribuibles a los valores de costo asignados a la matriz de los corredores y por otro lado, a la forma en la que se caracterizaron los parches. Existen evidencias de que la permeabilidad de la matriz puede facilitar o dificultar los movimientos de las especies de mamíferos terrestres (Revilla *et al.* 2004; Gurrutxaga *et al.* 2011), por lo que consideramos que el cálculo de las distancias efectivas entre parches de bosque debía hacerse teniendo en cuenta este efecto. Para reducir al mínimo los potenciales sesgos asociados a este modelo (Zeller *et al.* 2012) se realizaron consultas bibliográficas (Crawshaw Jr. 1995; Rabinowitz y Zeller 2010; Gurrutxaga *et al.* 2011) y diversas discusiones entre los investigadores locales que tienen más de 10 años de experiencia trabajando con esta especie en la región. Además, la probabilidad de movimiento calculada

en función de la distancia efectiva fue calibrada a partir de la relación entre los datos obtenidos de movimientos de jaguares de esta región asociados a los valores de fricción estimados.

En cuanto a la caracterización de los nodos, al dividirse de manera artificial por los límites prediales, los parches resultantes presentaron la particularidad de ser en su mayoría adyacentes entre sí, manifestaron formas complejas resultantes de errores del catastro, y tuvieron superficies mucho más pequeñas que las realmente presentes en los parches de bosque. No obstante, y si bien es muy importante tener en cuenta estos factores a la hora de interpretar los resultados, este tipo de análisis puede adaptarse fácilmente para su aplicación con otras unidades de hábitat, elegidas en función de los objetivos que quieran alcanzarse (Saura y Pascual-Hortal 2007). En este caso, el análisis buscó adaptarse a una necesidad de manejo impuesta en los planes de ordenamiento territoriales que se llevan en la Provincia de Misiones (realizados a escala predial). Realizar el análisis de esta forma permitirá que la información obtenida como resultados pueda facilitar su implementación en el marco de la Ley Provincial de Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos (Ley XVI N°105), la cual prevé incorporar la conectividad del hábitat para grandes carnívoros como uno de los criterios utilizados para el diseño de los planes de ordenamiento territorial de Misiones. En este contexto, el análisis aquí realizado puede servir como base para avanzar en profundidad en cada corredor en particular, buscando reducir este tipo de falencias metodológicas y poniendo a prueba el efecto de analizar la importancia relativa de cada parche pero enfocado en la conectividad funcional para diferentes especies.

La escala a la que se ha realizado este análisis permite integrar estrategias de manejo locales, como los planes de ordenamiento territoriales de la Provincia, dentro de estrategias de manejo que fueron delineadas para implementarse a escala regional, como por ejemplo, las estrategias planteadas en la Visión de la Biodiversidad del BAAP (Di Bitetti *et al.* 2003), en las que el jaguar fue elegida como una de las especies paraguas de conservación prioritaria en esta ecorregión.

Por último, cabe destacar que el enfoque y los índices utilizados en este proyecto están siendo utilizados a su vez en numerosos proyectos en diferentes partes del mundo como herramienta en la toma de decisiones de planes de manejo así como en investigaciones científicas acerca de los efectos de la fragmentación y de la conectividad sobre diferentes procesos ecológicos (Fu *et al.* 2010; Morzillo *et al.* 2011; Saura *et al.* 2011; Suzart *et al.* 2011; Khalyani y Mayer 2013; Segurado *et al.* 2013). Este enfoque para evaluar la conectividad del hábitat de una especie críticamente amenazada como el

yagareté, se estaría utilizando por primera vez en Argentina, y podrá servir de base para adaptar su aplicación en otras regiones y con otras especies (Rippa *et al.* 2011; Carranza *et al.* 2012; Decout *et al.* 2012; Zozaya *et al.* 2012; Vergara *et al.* 2013).

RECOMENDACIONES

De acuerdo al Plan de Acción para la Conservación del Yagareté en el Corredor Verde de Misiones, los “corredores principales” son áreas clave dentro del Paisaje Óptimo, pues conectan las áreas donde se puede encontrar potencialmente a la especie, las “áreas núcleo”. Sin embargo, es claro que estas áreas soportan altas presiones humanas que ponen en serio compromiso la conservación del jaguar, por lo que demandan de urgentes medidas de mitigación para que puedan funcionar como corredores adecuadamente. Estos factores se plantearon durante el desarrollo del Plan de Acción y se delinearon medidas de mitigación que apuntaban a la conservación del bosque remanente de los “corredores principales”, lo cual supuso un gran avance para definir acciones prioritarias para la conservación de la especie (Schiaffino *et al.* 2011). Entre estas acciones se incluyeron, por un lado, la actualización del Paisaje Óptimo y por otro, la determinación de sectores clave dentro de las categorías de hábitat para la conservación del jaguar en el Corredor Verde. En este análisis se ha generado información valiosa para implementar estas acciones, la cuales son demandadas además por dos de las instituciones que participaron en la elaboración del Plan de Acción. Estas instituciones son, la ONG Fundación Vida Silvestre Argentina, que además del apoyo institucional brindó apoyo económico e hizo posible el desarrollo de este proyecto y por otro lado, el Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables de la Provincia de Misiones, el cual colaboró activamente aportando información crucial para el desarrollo del análisis.

A partir de los resultados obtenidos en este análisis se determinaron las áreas prioritarias que conforman los “corredores principales” sobre las que hay que focalizar medidas de manejo concretas para mantener la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor Verde. El método utilizado ha permitido generar una herramienta de manejo en la que se definen categorías de prioridad de conservación para los parches de bosque que conforman estas áreas (Tabla 6). Estas categorías engloban a aquellos parches componen el 90% de la conectividad de los “corredores principales”. A partir de esta información se

han generado además, mapas donde se localizan estos parches de bosque, a fin de focalizar las estrategias geográficamente (Figs. 12-16).

Tabla 6. Descripción de las categorías de los parches de bosque establecidas en función de la prioridad de conservación y recomendaciones generales de manejo en relación a estas categorías. Los parches incluidos en estas categorías componen el 90% de la conectividad de los “corredores principales”, de manera que su conservación asegura el mantenimiento de la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor Verde.

Categoría	Descripción	Recomendaciones de Manejo
<i>Prioridad Máxima</i>	- Parches de bosque que juegan un papel fundamental como elementos conectores y como reservorios de hábitat. - Estos parches además son irremplazables para el mantenimiento de la conectividad	a) Se debe garantizar el mantenimiento total de la cobertura de bosque y las actividades de extracción forestal no deben permitirse en estas áreas b) No permitir el desarrollo de actividades ganaderas. c) Se deben implementar medidas de control de caza furtiva d) En caso de que los parches sean adyacentes a una ruta, es necesario implementar acciones que reduzcan los riesgos de atropellamientos, tales como reductores de velocidad y pasafaunas e) Es necesario promover la restauración del bosque de los parches que sean adyacentes a los parches de máxima prioridad, así como las zonas sin bosque que formen parte de estos predios
<i>Prioridad Alta</i>	- Parches de bosque que juegan un papel fundamental como elementos conectores y como reservorios de hábitat.	a) Se debe garantizar el mantenimiento total de la cobertura de bosque y las actividades de extracción forestal no deben permitirse en estas áreas b) No se deben permitir las actividades ganaderas. c) Se deben implementar medidas de control de caza furtiva d) En caso de que los parches sean adyacentes a una ruta, sería deseable implementar acciones que reduzcan el riesgo de atropellamiento, tales como reductores de velocidad o pasafaunas e) Sería deseable promover la restauración del bosque de los parches que sean adyacentes a los parches de máxima prioridad, así como las zonas sin bosque que formen parte de estos predios
<i>Prioridad Media</i>	- Parches de bosque que juegan un papel fundamental como reservorios de hábitat	a) Se debe garantizar el mantenimiento total de la cobertura de bosque y en caso de desarrollarse actividades de extracción forestal deberían realizarse siguiendo técnicas de bajo impacto b) Sería deseable que no se llevara a cabo el desarrollo de actividades ganaderas c) Se deben implementar actividades de control de caza furtiva
<i>Prioridad Baja</i>	- Parches de bosque que no juegan un papel tan importante en el mantenimiento de la conectividad y ni como reservorios de hábitat	a) Sería deseable garantizar el mantenimiento de la cobertura de bosque b) En caso de desarrollarse actividades ganaderas deberían realizarse bajo pautas de manejo que minimicen la posibilidad de conflicto con el jaguar c) Sería deseable la implementación de actividades de control de caza furtiva

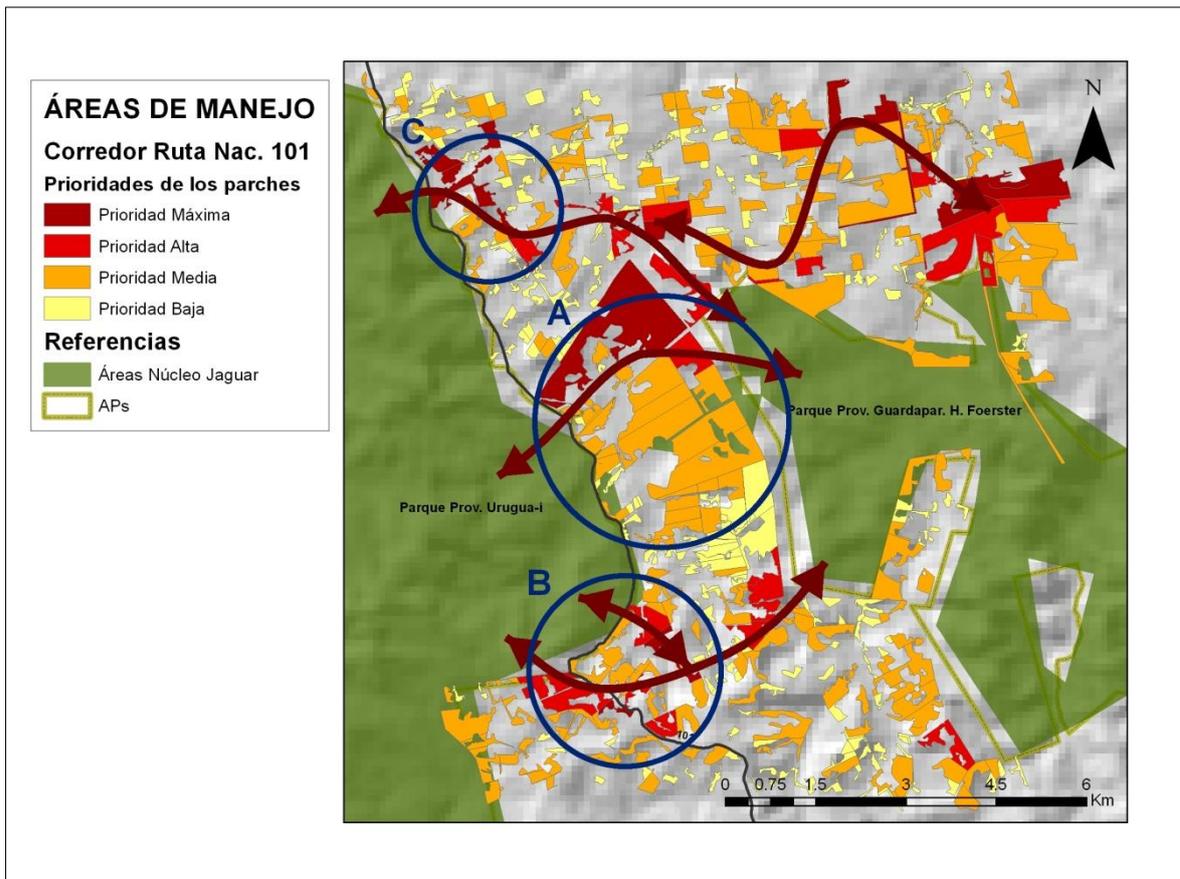


Figura 12: Áreas de manejo establecidas en función de la prioridad de conservación de los parches de bosque (descriptas en detalle en la Tabla 6) para mantener la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor de la Ruta Nacional 101. Se resaltan las áreas donde deberían focalizarse acciones concretas. Las flechas indican las áreas que funcionan como *trampolines ecológicos**, áreas claves donde garantizar la cobertura de bosque. La zona A engloba a los parches de bosque donde deberían fomentarse las acciones desarrolladas por Conservación Argentina (www.conservacion.org.ar), tales como la implementación de medidas de mitigación del impacto que causa la Ruta 101 (instalación de pasafaunas, ecoductos y reductores de velocidad) así como la promoción de proyectos de restauración de bosque nativo y el desarrollo de actividades ecoturísticas. En esta área (círculo A) se debería hacer efectivo el funcionamiento del Parque Provincial S. Welcz como área protegida. Las zonas B y C engloba parches de bosque especialmente vulnerables al impacto de la Ruta 101, donde se deben implementar acciones que reduzcan la velocidad en estos tramos.

**Trampolines ecológicos*: Tomado del término en inglés “*stepping stones*”, se trata de corredores ecológicos físicamente interrumpidos formados por fragmentos de hábitat que pueden ser utilizados de manera temporal por los individuos, a manera de trampolín para ir avanzando de un sitio al otro cuando se desplazan por el paisaje (Jordán, 2000).

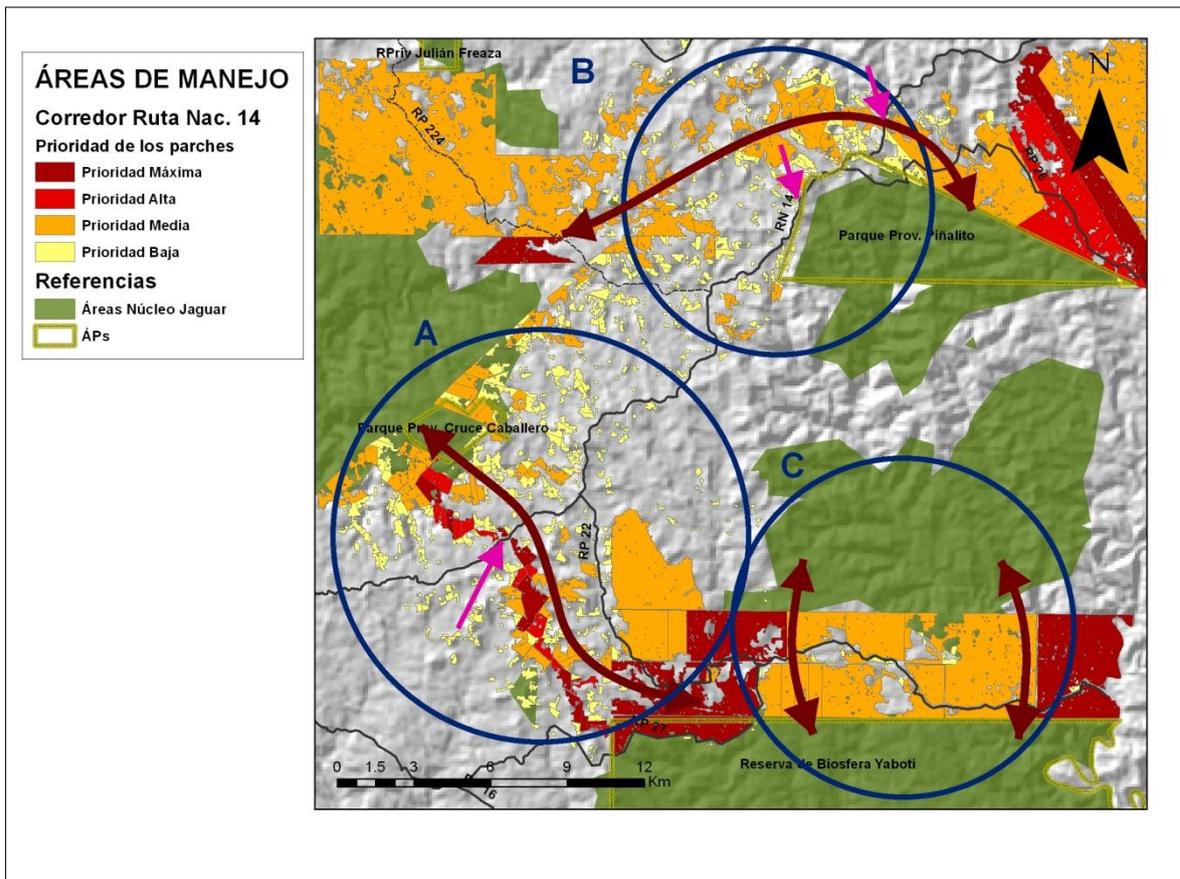


Figura 13: Áreas de manejo establecidas en función de la prioridad de conservación de los parches de bosque (descritas en detalle en la Tabla 6) para mantener la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor de la Ruta Nacional 14. Las flechas oscuras indican las áreas que funcionan como trampolines ecológicos, áreas claves donde garantizar la cobertura de bosque. En este corredor es muy marcada la rápida degradación que ha sufrido el bosque en los últimos años, por lo que es fundamental que los parches que están dentro de las zonas A y B se conserven en su totalidad, independientemente de la categoría de prioridad establecida. Además, se deben promover proyectos de restauración de bosque en los parches de “prioridad baja” incluidos en estas dos zonas. Bajo ningún concepto debe perderse la conectividad de los parches señalados con una flecha oscura dentro de la zona A, donde se debe priorizar la instalación de pasafaunas, ecoductos y reductores de velocidad, concretamente en el tramo la Ruta 14 señalado con una flecha rosa. Lo mismo para los tramos señalados en B. Considerando la importancia de las áreas englobadas en C y el rápido cambio en los usos de la tierra que está generando la Ruta 22, la creación de áreas protegidas en esta zona debe ser una prioridad, además de la correcta implementación de medidas de mitigación de los efectos de la ruta.

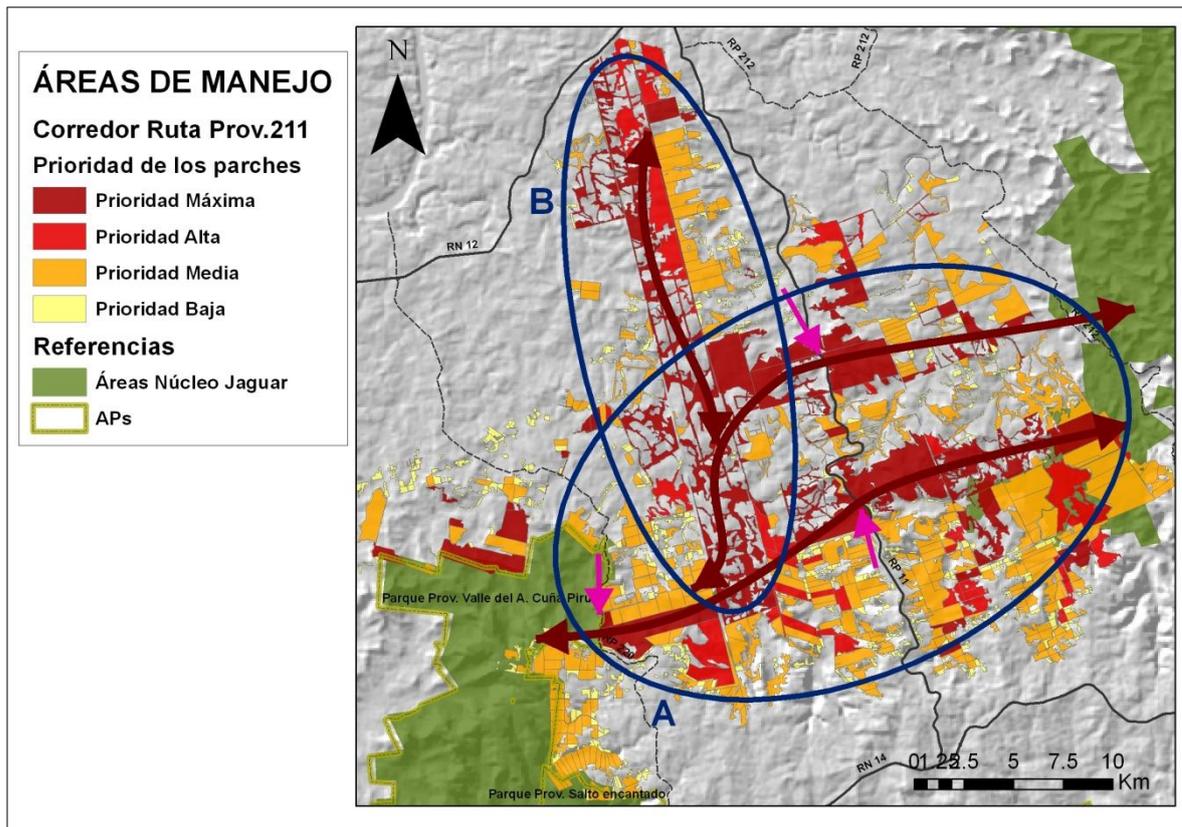


Figura 14: Áreas de manejo establecidas en función de la prioridad de conservación de los parches de bosque (descriptas en detalle en la Tabla 6) para mantener la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor de la Ruta Provincial 211. Las flechas oscuras indican las áreas que funcionan como trampolines ecológicos, y en este corredor, están compuestas por una serie de parches de uso forestal que además son irremplazables. En la zona A, la creación de áreas protegidas debe ser una prioridad, además de la correcta implementación de medidas de mitigación de los efectos de las rutas en los tramos señalados con flechas rosas. Deben instalarse pasafaunas en los fragmentos colindantes a la ruta 211 y un ecoducto en el parche adyacente al PP Valle del A. Cuña Pirú y la ruta 220 (señalados con flechas rosas). Gran parte de la conectividad de este corredor viene dada por los parches de bosque situados en la zona B, por lo que sería necesario que Alto Paraná S. A., declare esta área como de valor especial para la conservación.

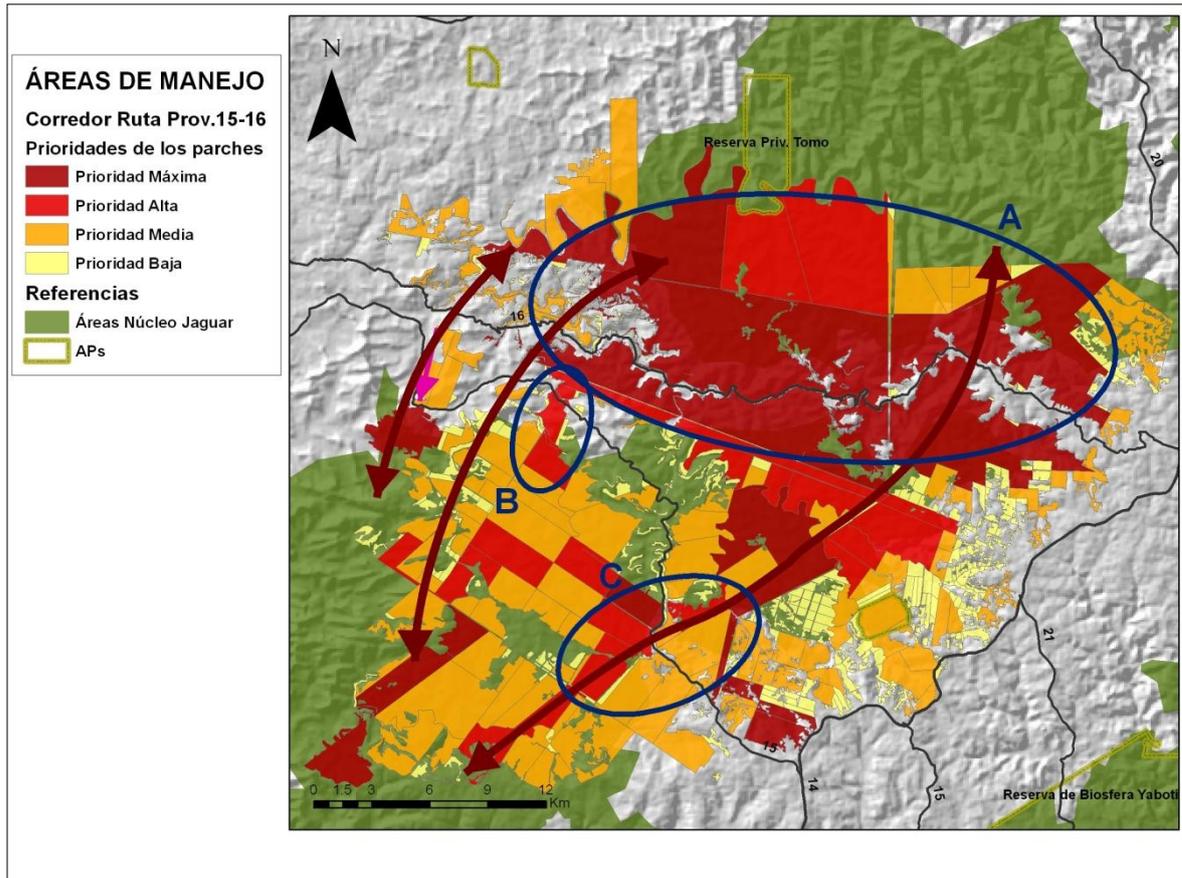


Figura 15: Áreas de manejo establecidas en función de la prioridad de conservación de los parches de bosque (descriptas en detalle en la Tabla 6) para mantener la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor de la Ruta Provincial 15 y 16. Las flechas oscuras indican las áreas que funcionan como trampolines ecológicos. Este corredor está predominado por las prácticas ganaderas, de manera que las medidas de mitigación deberían apuntar a evitar el conflicto que generan estas actividades con la conservación la especie. En la zona B se ha dado una rápida transformación del hábitat por lo que se debe impulsar su conservación mediante la implementación del manejo diferencial del ganado. Se debe prestar especial atención a los parches de la zona A, que deben ser categorizados como áreas de valor especial para la conservación por Alto Paraná S. A. Si bien tiene una alta proporción de bosque, se observa la rápida retracción en las áreas próximas a las rutas (señaladas con una flecha rosa y las incluidas en la zona C).

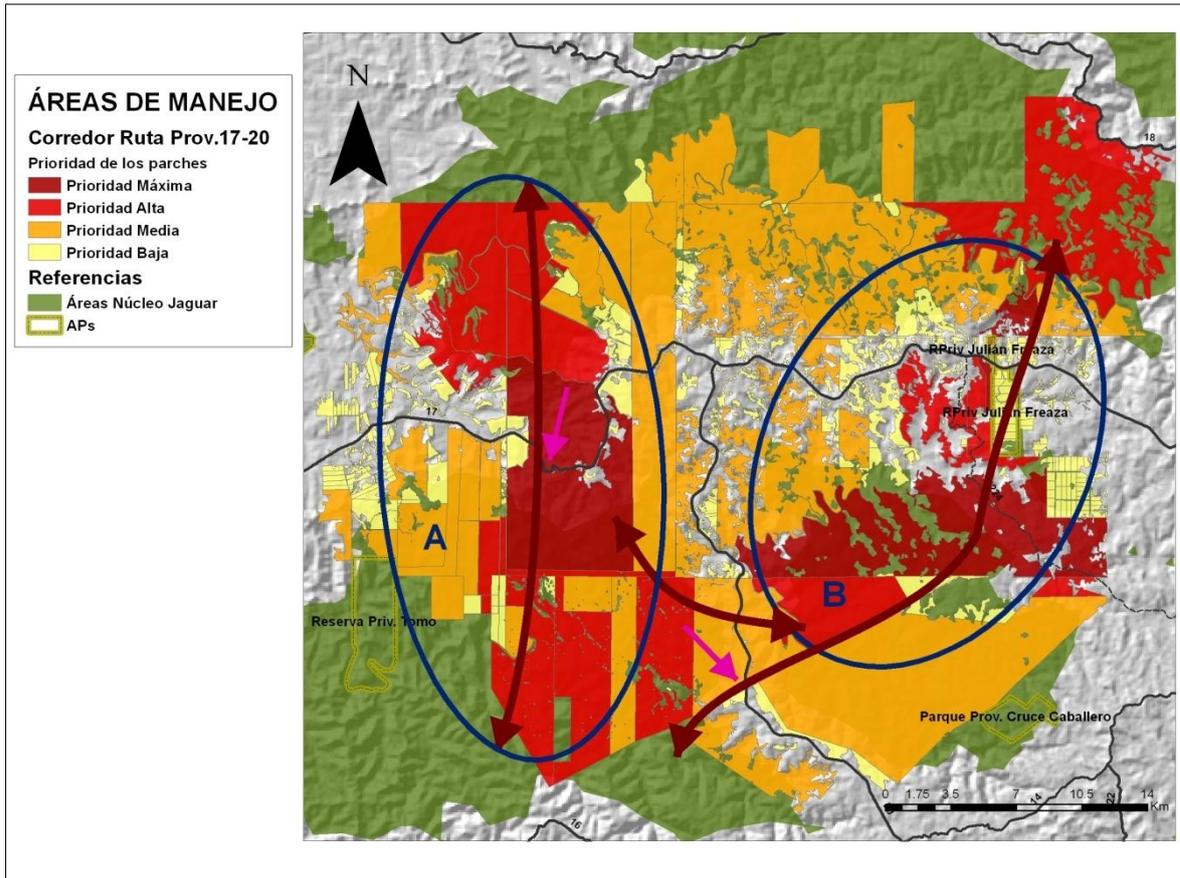


Figura 16: Áreas de manejo establecidas en función de la prioridad de conservación de los parches de bosque (descritas en detalle en la Tabla 6) para mantener la conectividad del hábitat del jaguar en el Corredor de la Ruta Provincial 17 y 20. Las flechas oscuras indican las áreas que funcionan como trampolines ecológicos. Este corredor está predominado por las actividades forestales y destaca la importancia de los parches situados en las áreas donde se practican estas actividades. En las zonas A y B, se debe priorizar la creación de áreas protegidas o la consideración de estas áreas como de valor especial para la conservación por las empresas forestales que las manejan. En los parches marcados con flechas rosas deben instalarse reductores de velocidad y en los que están dentro de la zona A, pasafaunas y/o ecoductos. Los parches situados en la zona B deben conservarse en su totalidad, independientemente de la categoría de prioridad que tengan. En esta zona además, deben fomentarse proyectos de restauración de bosque en los “parches de prioridad baja”.

BIBLIOGRAFÍA

- Adriaensen, F., J. P. Chardon, G. De Blust, E. Swinnen, S. Villalba, H. Gulinck y E. Matthysen. 2003. The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. *Landscape and Urban Planning* 64 (4):233-247.
- Araújo, M. B. y C. Rahbek. 2006. How does climate affect biodiversity. *Science* 313:1396-1397.
- Bodin, Ö. y J. Norberg. 2007. A network approach for analyzing spatially structured populations in fragmented landscape. *Landscape Ecology* 22:31-44.
- Bodin, Ö. y S. Saura. 2010. Ranking individual habitat patches as connectivity providers: Integrating network analysis and patch removal experiments. *Ecological Modelling* 221 (19):2393-2405.
- Carbone, C. y J. L. Gittleman. 2002. A common rule for the scaling of carnivore density. *Science* 295:2273-2276.
- Carranza, M. L., E. D'Alessandro, S. Saura y A. Loy. 2012. Connectivity providers for semi-aquatic vertebrates: the case of the endangered otter in Italy. *Landscape Ecology* . 27:281-290.
- Cartes, J. L. 2003. Brief history of conservation in the Interior Atlantic Forest. En: *Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*, editado por C. Galindo-Leal y I. de Gusmão Câmara. Island Press. Washington, D.C. pp 269-287.
- Chalukian, S. 2006. Informe del 2^{do} Taller Monumento Natural Nacional Yaguareté y 6^{to} Taller Monumento Natural Provincial Yaguareté en Misiones. Dirección de Fauna Silvestre; Administración de Parques Nacionales; Ministerio de Ecología, Recursos Naturales Renovables y Turismo de Misiones; Asociación Civil Centro de Investigaciones del Bosque Atlántico; Fundación Vida Silvestre Argentina. Posadas, Misiones, Argentina. Disponible en <http://www.ambiente.gov.ar/default.asp?IdArticulo=4021> (Fecha de acceso 10 Nov 2008).
- Chiarello, A. G. 1999. Effects of fragmentation of the Atlantic Forest mammal communities in southeastern Brazil. *Biological Conservation* 89:71-82.
- CITES. 2006. *Species Database: CITES-Listed Species*. UNEP-WCMC. Actualizado 2006. Fecha de acceso 20 Oct 2006. Disponible en www.cites.org.
- Crawshaw Jr., P. G. 1995. Comparative ecology of ocelot *Felis pardalis* and jaguar *Panthera onca* in a protected subtropical forest in Brazil and Argentina. PhD Thesis, University of Florida, Gainesville, USA. pp 190.
- De Angelo, C. 2009. El paisaje del Bosque Atlántico del Alto Paraná y sus efectos sobre la distribución y estructura poblacional del jaguar (*Panthera onca*) y el puma (*Puma concolor*). PhD Thesis, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. pp 252.
- De Angelo, C., A. Paviolo y M. Di Bitetti. 2011a. Differential impact of landscape transformation on pumas (*Puma concolor*) and jaguars (*Panthera onca*) in the Upper Paraná Atlantic Forest. *Diversity and Distributions* 17 (3):422-436.
- De Angelo, C., A. Paviolo, D. Rode, L. Cullen Jr, D. Sana, K. C. Abreu, M. Xavier da Silva, A.-S. Bertrand, T. Haag, F. Lima, A. Ricieri Rinaldi, F. Ramírez, S. Fernández, M. Velázquez, C. Corio, E. Hasson y M. S. Di Bitetti. 2011b. Participatory networks for large-scale monitoring of large carnivores: pumas and jaguars of the Upper Paraná Atlantic Forest. *Oryx* 45 (4):534-545.
- De Angelo, C., A. Paviolo, T. Wiegand, R. Kanagaraj y M. S. Di Bitetti. 2013. Understanding species persistence for defining conservation actions: A

- management landscape for jaguars in the Atlantic Forest. *Biological Conservation* 159:422-433.
- Decout, S., S. Manel, C. Miaud y S. Luque. 2012. Integrative approach for landscape-based graph connectivity analysis: a case study with the common frog (*Rana temporaria*) in human-dominated landscapes. *Landscape Ecology* 27:267-279.
- Di Bitetti, M., C. De Angelo, A. Paviolo, K. Schiaffino y P. Perovic. 2006. Monumento Natural Nacional en peligro: el desafío de conservar al yaguareté en la Argentina. En: *La Situación Ambiental Argentina 2005*, editado por A. Brown, U. Martínez Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires, Argentina. pp 420-431.
- Di Bitetti, M. S., C. De Angelo, V. Quiroga, M. Altrichter, A. Paviolo, E. Cuyckens y P. Perovic. en prensa. Estado de conservación del jaguar en la Argentina. En: *El jaguar en el Siglo XXI: La Perspectiva Continental*, editado por R. A. Medellín, C. Chávez, A. de la Torre, H. Zarza y G. Ceballos. Universidad Nacional Autónoma de México. DF, México. pp
- Di Bitetti, M. S., G. Placci y L. A. Dietz. 2003. *A biodiversity vision for the Upper Paraná Atlantic Forest Eco-region: designing a biodiversity conservation landscape and setting priorities for conservation action*. World Wildlife Fund. Washington, D.C., USA. pp 154.
- Eizirik, E., C. Indrusiak y W. Johnson. 2002. Análisis de la viabilidad de las poblaciones de jaguar: evaluación de parámetros y estudios de caso en tres poblaciones remanentes del sur de Sudamérica. En: *El jaguar en el nuevo milenio*, editado por R. A. Medellín, C. Equihua, C. L. Chetkiewicz, P. G. J. Crawshaw, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. W. Sanderson y A. B. Taber. Editorial Ediciones Científicas Universitarias. Mexico, D.F. pp 501-518.
- Estrada, E. y Ö. Bodin. 2008. Using network centrality measures to manage landscape connectivity. *Ecological Applications* 18:1810-1825.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34:487-515.
- Forman, R. T. T. y L. E. Alexander. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29 (1):207-231.
- Frankham, R., J. D. Ballou y D. A. Briscoe. 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press. USA. pp 617.
- Freeman, L. C. 1997. A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry* 40 (35-41.).
- Fu, W., S. Liu, S. D. DeGloria, S. Dong y R. Beazley. 2010. Characterizing the "fragmentation-barrier" effect of road networks on landscape connectivity: a case study in Xishuangbanna, Southwest China. *Landscape and Urban Planning* 83::91-103.
- Gaggiotti, O. E. y I. Hanski. 2004. Mechanisms of extinction. En: *Ecology, Genetics, and Evolution in Metapopulations*, editado por I. Hanski y O. Gaggiotti. Academic Press. pp 337- 366.
- Giraudó, A. R. y V. Arzamendia. 2008. Registro actual de una especie amenazada *Blastocerus dichotomus* (Illiger, 1815) en el Sitio Ramsar Jaaukanigás (Santa Fe, Argentina) y análisis de su estado de conservación en el Río Paraná. *Revista FABICIB* 12:91-102.
- Giraudó, A. R., E. R. Krauczuk, V. Arzamendia y H. Povedano. 2003a. Critical analysis of protected areas in the Atlantic Forest of Argentina. . En: *The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook*, editado por C. Galindo-Leal y I. de Gusmão Câmara. Island Press. Washington, D.C., USA. :245-261.

- Giraudó, A. R., H. Povedano, M. J. Belgrano, E. R. Krauczuk, U. Pardiñas, A. Miquelarena, D. Ligier, D. Baldo y M. Castelino. 2003b. Biodiversity status of the Interior Atlantic Forest of Argentina. En: *Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook*, editado por C. Galindo-Leal y I. de Gusmão Câmara. Island Press. Washington, D.C., USA. pp 160-180.
- Gurrutxaga, M., L. Rubio y S. Saura. 2011. Key connectors in protected forest area networks and the impact of highways: A transnational case study from the Cantabrian Range to the Western Alps (SW Europe). *Landscape and Urban Planning* 101 (2011):310-320.
- Hannah, L., G. F. Midgley, T. Lovejoy, W. J. Bond, M. Bush, J. C. Lovett, D. Scott y F. I. Woodward. 2002. Conservation of biodiversity in a changing climate. *Conserv. Biol.* 16:264–268.
- Hodgson, J. A., C. D. Thomas, B. A. Wintle y A. Moilanen. 2009. Climate change, connectivity and conservation decision making: back to basics. *J. Appl. Ecol.* , 46:964–969.
- Holz, S. y G. Placci. 2003. Socioeconomic roots of biodiversity loss in Misiones. En: *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook (States of the Hotspots 1)*, editado por I. Guzmán Cámara y C. Galindo-Leal. Center for applied biodiversity science. Conservation International. Island Press. Washington D.C. pp 207-226.
- Izquierdo, A., C. De Angelo y M. Aide. 2008. Thirty years of human demography and land-use change in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina: a test of the forest transition model. *Ecology and Society* 13 (2):3.
- Jetz, W., D. S. Wilcove y A. P. Dobson. 2007. Projected impacts of climate and land-use change on the global diversity of birds. *PLoS Biology* 5 (6):e157.
- Khalyani, A. H. y A. L. Mayer. 2013. Spatial and temporal deforestation dynamics of Zagros forests (Iran) from 1972 to 2009. *Landscape and Urban Planning* 117:1–12.
- Lonsdorf, E., J. M. Earnhardt, M. D. Bitetti, C. De Angelo, A. Paviolo y L. Faust. en preparación. Spatially-explicit population viability analysis of jaguars (*Panthera onca*) in the Misiones Province, Argentina. *En preparación para Biological Conservation*.
- López de Ullibarri Galparsoro, I. y S. Pita Fernández. 1999. Medidas de concordancia: el índice de Kappa. *Cadernos de atención Primaria* 6:169-171.
- Maffei, L., E. Cuellar y A. Noss. 2004. One thousand jaguars (*Panthera onca*) in Bolivia's Chaco? Camera trapping in the Kaa-Iya National Park. *Journal of Zoology* 262:295-304.
- McRae, B. H. y P. Beier. 2007. Circuit theory predicts gene flow in plant and animal populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104 (50):19885-19890.
- Medellín, R. A., C. Equihua, C. L. Chetkiewicz, P. G. J. Crawshaw, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. W. Sanderson y A. B. Taber, eds. 2002. *El jaguar en el nuevo milenio*. Editorial Ediciones Científicas Universitarias. México, D.F. pp 647.
- Mittermeier, R. A., P. Robles Gil, M. Hoffman, J. Pilgrim, T. Brooks, C. G. Mittermeier, J. Lamoreux y G. A. B. da Fonseca. 2005. *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. 1 ed. Conservation International. Washington, USA. pp 392.
- Morzillo, A. T., J. R. Ferrari y J. Liu. 2011. An integration of habitat evaluation, individual based modeling, and graph theory for a potential black bear population recovery in southeastern Texas, USA. *Landscape Ecology* . 26 69-81.

- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca y J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Oedekoven, C. S., S. T. Buckland, M. L. Mackenzie, K. O. Evans y L. W. Burger. 2013. Improving distance sampling: accounting for covariates and non-independency between sampled sites. *Journal of Applied Ecology* 50 (3):786-793.
- Ojeda, R. A., V. Chillo y G. B. Díaz. 2012. Libro Rojo de los Mamíferos Amenazados de la Argentina. *Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos*.
- Olson, D. M. y E. Dinerstein. 2002. The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89:125-126.
- Opdam, P., C. C. Vos y R. Foppen. 2002. Bridging the gap between ecology and spatial planning in landscape ecology. *Landscape Ecology* 16 (8):767-779.
- Opdam, P. y D. Wascher. 2004. Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation. *Biological Conservation* 117:285-297.
- Pascual-Hortal, L. y S. Saura. 2006. Comparison and development of new graph-based landscape indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors conservation. *Landscape Ecology* 21:959-967.
- Pastore, H. 2012. Ozotoceros bezoarticus (Linnaeus), ciervo de las pampas, venado. En: *Libro rojo, mamíferos amenazados de la Argentina*, editado por R. A. Ojeda, V. Chillo y G. B. Díaz. Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos. Buenos Aires. pp 128.
- Paviolo, A. 2010. Densidad de yagareté (*Panthera onca*) en la Selva Paranaense: su relación con la abundancia de presas, presión de caza y coexistencia con el puma (*Puma concolor*). PhD Thesis, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. pp 201.
- Paviolo, A., C. De Angelo, Y. Di Blanco y M. Di Bitetti. 2008. Jaguar population decline in the Upper Paraná Atlantic Forest of Argentina and Brazil. *Oryx* 42 (4):554-561.
- Perovic, P. 2002a. Conservación del jaguar en el Noroeste de Argentina. En: *El jaguar en el nuevo milenio*, editado por R. A. Medellín, C. Equihua, C. L. Chetkiewicz, P. G. J. Crawshaw, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. W. Sanderson y A. B. Taber. Editorial Ediciones Científicas Universitarias. Mexico, D.F. pp 465-475.
- Perovic, P. 2002b. Ecología de la comunidad de félidos en las selvas nubladas del Noroeste Argentino. PhD Thesis, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. pp 146.
- Pimm, S. L. y P. Raven. 2000. Extinction by numbers. *Nature* 403:843-845.
- Quiroga, V. A., G. I. Boaglio, A. J. Noss y M. S. Di Bitetti. 2013. Critical population status of the jaguar *Panthera onca* in the Argentine Chaco: camera-trap surveys suggest recent collapse and imminent regional extinction. *Oryx FirstView*:1-8.
- Rabinowitz, A. y K. A. Zeller. 2010. A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biological Conservation* 143 (4):939-945.
- Redford, K. H. y J. F. Eisenberg. 1992. *Mammals of the Neotropics, Volume 2: The Southern Cone: Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay*. University Of Chicago Press. Chicago, USA. pp 460.
- Revilla, E., T. Wiegand, F. Palomares, P. Ferreras y M. Delibes. 2004. Effects of matrix heterogeneity on animal dispersal: from individual behavior to metapopulation-level parameters. *The American naturalist* 164 (5):130-153.
- Rippa, D., V. Maselli, O. Soppelsa y D. Fulgione. 2011. The impact of agro-pastoral abandonment on the Rock Partridge *Alectoris graeca* in the Appenines. *Ibis* 153:721-734.

- Ruediger, B. 2004. Carnivore conservation and highways: understanding the relationships, problems and solutions. En: *People and predators: from conflict to coexistence*, editado por N. Fascione, A. Delach y M. Smith. Island Press. Washington, USA. pp 132-150.
- Sanderson, E. W., C. L. B. Chetkiewicz, R. A. Medellín, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson y A. B. Taber. 2002a. Un análisis geográfico del estado de conservación y distribución de los jaguares a través de su área de distribución. En: *El jaguar en el nuevo milenio*, editado por R. A. Medellín, C. Equihua, C. L. Chetkiewicz, P. G. J. Crawshaw, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. W. Sanderson y A. B. Taber. Editorial Ediciones Científicas Universitarias. Mexico, D.F. pp 551-600.
- Sanderson, E. W., K. H. Redford, C. L. B. Chetkiewicz, R. A. Medellín, A. R. Rabinowitz, J. G. Robinson y A. B. Taber. 2002b. Planning to save a species: The jaguar as a model. *Conservation Biology* 16:58-72.
- Saunders, D. A., R. J. Hobbs y C. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5 (1):18-32.
- Saura Martínez de Toda, S. 2013. Métodos y herramientas para el análisis de la conectividad del paisaje y su integración en los planes de conservación. En: *Avances en el Análisis Espacial de Datos Ecológicos: Aspectos Metodológicos y Aplicados*, editado por F. T. Maestre y M. De la Cruz. ECESPA - Asociación Española de Ecología Terrestre. Móstoles, Spain. pp 1-46.
- Saura, S., C. Estreguil, C. Mouton y M. Rodríguez-Freire. 2011. Network analysis to assess landscape connectivity trends: Application to European forests (1990–2000). *Ecological Indicators* 11 (2):407-416.
- Saura, S. y L. Pascual-Hortal. 2007. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning* 83 (2–3):91-103.
- Saura, S. y L. Rubio. 2010. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography* 33 (3):523-537.
- Saura, S. y J. Torné. 2009. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environ. Model. Softw.* 24:135–139.
- Schiaffino, K., C. De Angelo, M. Di Bitetti, A. Paviolo, M. Jaramillo, M. Rinas, A.-S. Bertrand, G. Gil y Carbó y P. Cichero, eds. 2011. *Plan de Acción para la Conservación de la Población de Yaguareté (Panthera onca) del Corredor Verde de Misiones. Subcomisión Selva Paranaense. Primer Borrador*. Ministerio de Ecología y Recursos Renovables de Misiones- Administración de Parques Nacionales- Instituto de Biología Subtropical- Fundación Vida Silvestre Argentina. Puerto Iguazú, Argentina. pp 86.
- Schiaffino, K., L. Malmierca y P. Perovic. 2002. Depredación de cerdos domésticos por jaguar en un área rural vecina a un Parque Nacional en el noreste de Argentina. En: *El jaguar en el nuevo milenio*, editado por R. A. Medellín, C. Equihua, C. L. Chetkiewicz, P. G. J. Crawshaw, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. W. Sanderson y A. B. Taber. Editorial Ediciones Científicas Universitarias. Mexico, D.F. pp 251-264.
- Segurado, P., P. Branco y M. T. Ferreira. 2013. Prioritizing restoration of structural connectivity in rivers: a graph based approach. *Landscape Ecology* 28: 1231-1238:1231-1238.
- Seymour, K. L. 1989. *Panthera onca*. *Mammalian Species* 340:1-9.

- Sunquist, M. y F. Sunquist. 2002. *Wild cats of the world*. University of Chicago Press. Chicago, Illinois, USA. pp 452.
- Suzart, F., M. J. Teixeira, L. Gálvez-Bravo, L. Cayuela, M. Rueda y J. M. Rey-Benayas. 2011. Identification of critical areas for mammal conservation in the Brazilian Atlantic Forest Biosphere Reserve. *Natureza & Conservação* 9 (73-78).
- Tabanez, A. A. J. y V. M. Viana. 2000. Patch structure within Brazilian Atlantic Forest fragments and implications for conservation. *Biotropica* 32 (4b):925-933.
- Taylor, P. D., L. Fahrig, K. Henein y G. Merriam. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure *Oikos* 68:571-573.
- Terborgh, J., L. Lopez, P. Nuñez, M. Rao, G. Shahabuddin, G. Orihuela, M. Riveros, R. Ascanio, G. H. Adler, T. D. Lambert y L. Balbas. 2001. Ecological meltdown in predator-free forest fragments. *Science* 294:1923-1926.
- Theobald, D. M. 2006. Exploring the functional connectivity of landscapes using landscape networks. . *Connectivity Conservation*. Cambridge University Press, New York.:416-443.
- Tischendorf, L. y L. Fahrig. 2000. How should we measure landscape connectivity? *Landscape Ecology* 15 (7):633-641.
- Urban, D. y T. Keitt. 2001. Landscape connectivity: A graph-theoretic perspective. *Ecology* 82 (5):1205-1218.
- Vergara, P. M., C. G. Pérez-Hernández, I. J. Hahn y G. E. Soto. 2013. Deforestation in central Chile causes a rapid decline in landscape connectivity for a forest specialist bird species. *Ecological Research (in press)*. DOI 10.1007/s11284-013-1037-x. DOI 10.1007/s11284-013-1037-x.
- Vieira, M. V., N. Olifiers, A. C. Delciellos, V. Z. Antunes, L. R. Bernardo, C. E. V. Grelle y R. Cerqueira. 2009. Land use vs. fragment size and isolation as determinants of small mammal composition and richness in Atlantic Forest remnants. *Biological Conservation* 142 (6):1191-1200.
- WWF. 2001. *WWF's Global 200*. World Wildlife Fund. Actualizado 2000. Fecha de acceso 03 Ago 2008. Disponible en <http://www.worldwildlife.org/science/ecoregions/global200.html>.
- Zeller, K., K. McGarigal y A. R. Whitele. 2012. Estimating landscape resistance to movement: a review. *Landscape Ecol* 27:777-797.
- Zimmermann, A., M. J. Walpole y N. Leader Williams. 2005. Cattle ranchers' attitudes to conflicts with jaguar *Panthera onca* in the Pantanal of Brazil. *Oryx* 39:406-412.
- Zozaya, E., L. Brotons y S. Saura. 2012. Recent fire history and connectivity patterns determine bird species distribution dynamics in landscapes dominated by land abandonment. *Landscape Ecology* . 27:171-184.
- Zurita, G. A. y M. I. Bellocq. 2007. Pérdida y fragmentación de la Selva Paranaense: efectos sobre las aves rapaces diurnas. *Hornero* 22 (2):141-147.
- Zurita, G. A., N. Rey, D. M. Varela, M. Villagra y M. I. Bellocq. 2006. Conversion of the Atlantic Forest into native and exotic tree plantations: Effects on bird communities from the local and regional perspectives. *Forest Ecology and Management* 235:164-173.

ANEXO I. Categorías de hábitat del Paisaje Óptimo para la Conservación del Yaguararé en el Corredor Verde de Misiones.

Tabla 1. Descripción de las categorías del hábitat para el yaguararé del Paisaje Óptimo.

Categoría	Descripción	Amenazas/Presiones	Acciones prioritarias
<i>Áreas Núcleo</i>	-Buenas condiciones de hábitat para el yaguararé -Mayor probabilidad de encontrar y conservar a ala especie	Presiones humanas menores	a) Reducción mortalidad y cacería de sus presas b) Creación áreas protegidas c) Actividades ganaderas reguladas d) Categorizar como rojas en los OTs e) Asegurar conectividad entre ellas a través de los "corredores principales", preservar "áreas de amortiguamiento"
<i>Corredores Principales</i>	-Condiciones relativamente buenas de hábitat para el movimiento y dispersión del yaguararé	Altas presiones humanas (p.e: rutas o alta densidad de población)	a) Crear nuevas APs b) Evaluar impacto rutas c) Fortalecer sistema de control y fiscalización d) Reglamentar Ley XVI (Nº4137) de Conservación de Grandes Felinos e) Categorizar como rojas o amarillas en los OTs
<i>Áreas de Amortiguamiento Primarias y Secundarias</i>	-Hábitat empobrecido -Aún tienen potencial para el tránsito y dispersión del yaguararé	Altas presiones humanas	a) Crear nuevas APs Prácticas productivas compatibles con la conservación y restauración del hábitat b) Categorizar amarillas en los OTs
<i>Áreas Marginales</i>	-Hábitat empobrecido -Aún mantienen condiciones que puedan permitir la llegada del yaguararé	Altas presiones humanas	a) Manejo diferencial de ganado b) Campañas de educación
<i>Áreas que Necesitan Recuperarse</i>	-Regiones clave Alta degradación del hábitat que afecta a la calidad del hábitat de las - -Áreas Núcleo lindantes. Áreas de potencial conflicto con el ganado	Alta presión humana	a) Recuperación y restauración bosque nativo b) Promoción de prácticas de uso sustentable c) Actividad ganadera bajo manejo diferencial
<i>Áreas con Potencial (Sin yaguararé)</i>	-Condiciones de hábitat relativamente buenas	Altas presiones humanas en el pasado y en la actualidad	a) Disminuir presión de caza sobre yaguararé y sus presas b) Favorecer conexión con las "Áreas Núcleo"

ANEXO II. Clasificaciones realizadas para la construcción de la matriz de los corredores principales.

Los corredores principales del Paisaje de Conservación del Yaguararé aún presentan una proporción de bosque superior al 50% pero algunos corredores presentan alta proporción de otras coberturas de la tierra que pueden poner en riesgo a la conectividad si no se realiza un manejo adecuado. Por otro lado, se detectaron nuevas áreas con riesgos altos de pérdida de conectividad como el sector de la ruta 15 (que se encontraba como área núcleo en el Paisaje de Conservación), y se observó que las áreas que necesitan recuperación, lejos de recuperarse mantienen menos del 50% de su superficie cubierta de bosques nativos (Figura 2).

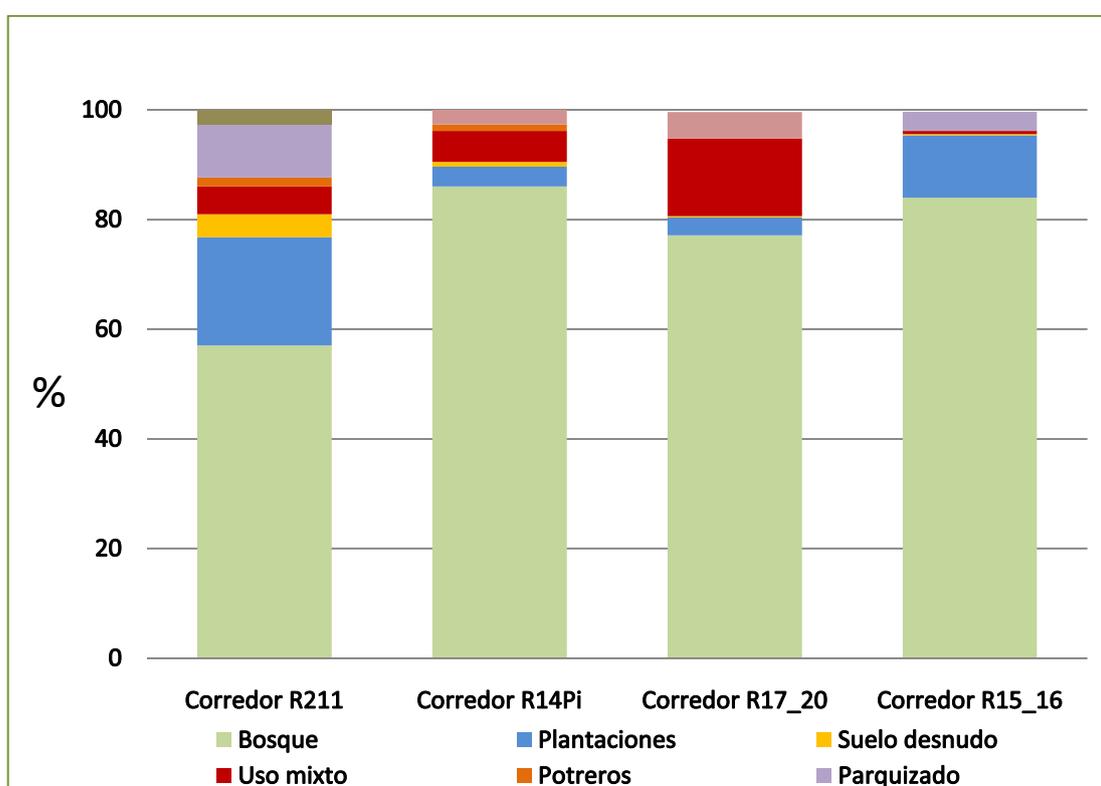


Figura 1. Resultado de los cálculos de los porcentajes de las coberturas y usos de la tierra de los corredores principales realizados con la herramienta Zonal Statistics de Spatial Analyst del software ArcGIS 10.1

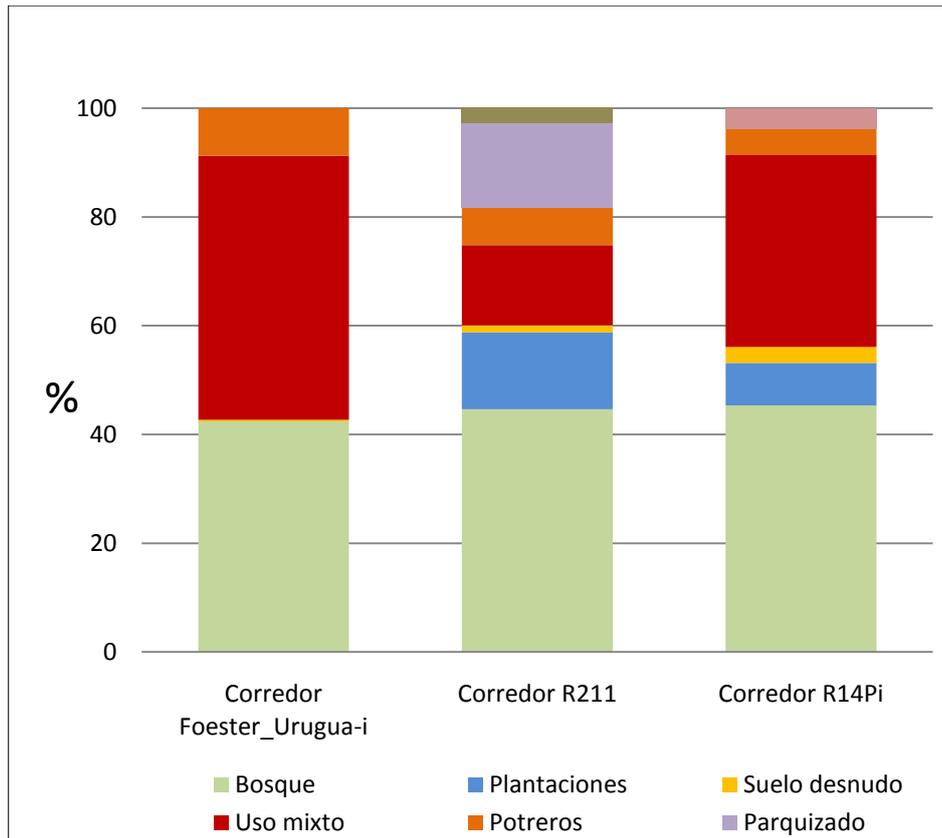


Figura 2. Resultado de los cálculos de los porcentajes de las coberturas y usos de la tierra de las “áreas que necesitan recuperarse realizados con la herramienta Zonal Statistics de Spatial Analyst del software ArcGIS 10.1

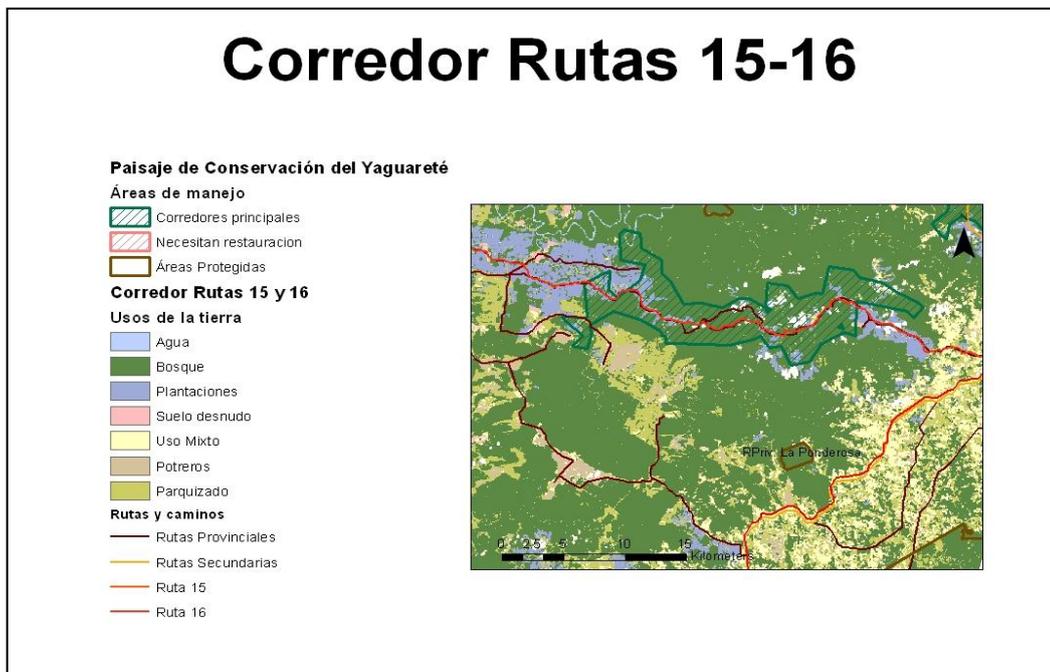
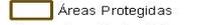


Figura 3. Resultado de la edición manual de la imagen resultante de la clasificación realizada en el Corredor RP15-16.

Corredor Ruta 14

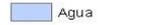
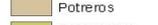
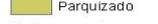
Paisaje de Conservación del Yaguareté

Áreas de manejo

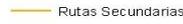
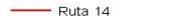
-  Corredores principales
-  Necesitan restauración
-  Áreas Protegidas

Corredor Ruta 14

Usos de la tierra

-  Agua
-  Bosque
-  Capuera
-  Plantaciones
-  Suelo desnudo
-  Uso Mixto
-  Potreros
-  Parquizado

Rutas y caminos

-  Rutas Provinciales
-  Rutas Secundarias
-  Ruta 14

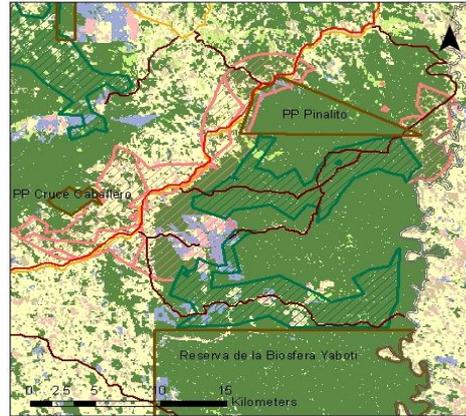


Figura 4. Resultado de la edición manual de la imagen resultante de la clasificación realizada en el Corredor RN14.

Corredor Ruta 211

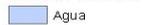
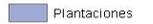
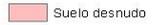
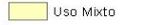
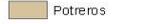
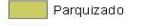
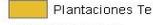
Paisaje de Conservación del Yaguareté

Áreas de manejo

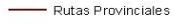
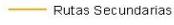
-  Corredores principales
-  Necesitan restauración
-  Áreas Protegidas

Corredor R211

Usos de la tierra

-  Agua
-  Bosque
-  Capuera
-  Plantaciones
-  Suelo desnudo
-  Uso Mixto
-  Potreros
-  Parquizado
-  Plantaciones Te

Rutas y caminos

-  Rutas Provinciales
-  Rutas Secundarias
-  Ruta Prov. 211

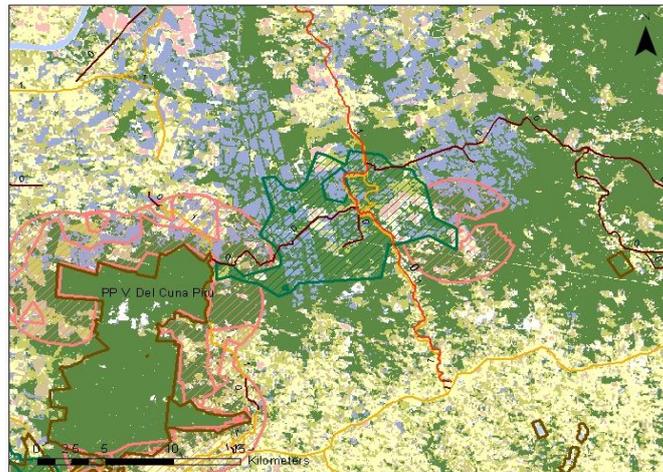


Figura 5. Resultado de la edición manual de la imagen resultante de la clasificación realizada en el Corredor RP211.

Corredor Ruta 17

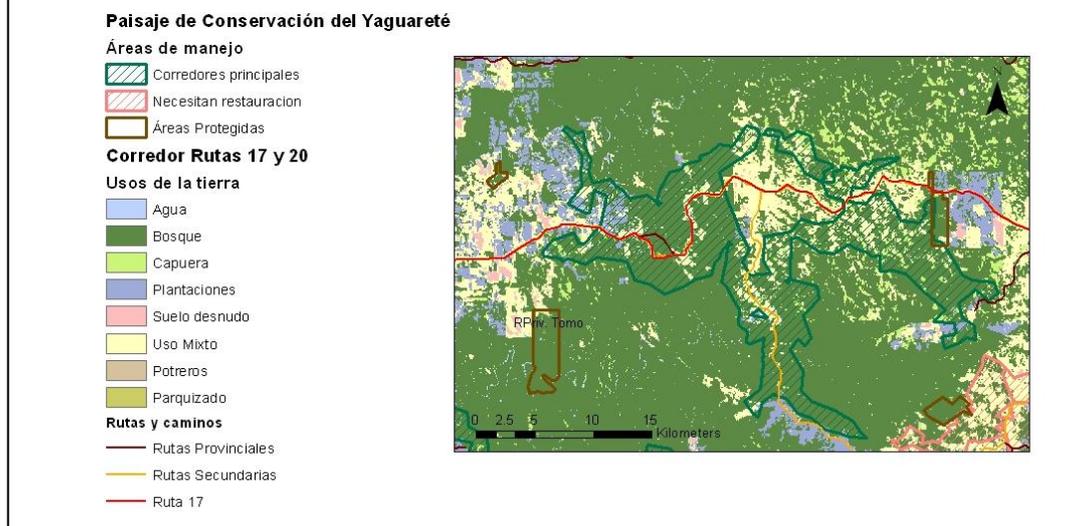


Figura 6. Resultado de la edición manual de la imagen resultante de la clasificación realizada en el Corredor RP17-20.

Corredor PP Foester-Urugua-í

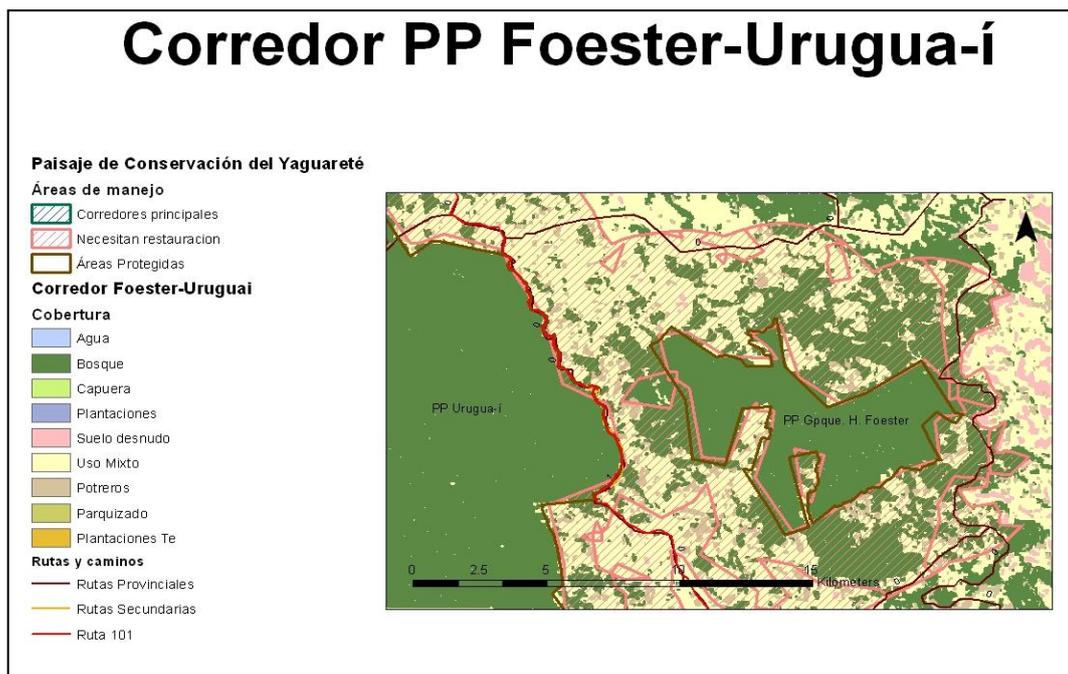


Figura 7. Resultado de la edición manual de la imagen resultante de la clasificación realizada en el Corredor RP211.