



Efectos de las plantaciones de pinos en la diversidad de mamíferos de misiones: evaluación de la configuración del paisaje productivo y generación de indicadores de sustentabilidad forestal

María Eugenia Iezzi, Diego Varela, Carlos De Angelo,
Paula Cruz y Mario S. Di Bitetti

Instituto de Biología Subtropical – sede Iguazú, UNaM – CONICET,
Facultad de Ciencias Forestales, UNaM,
Asociación Civil Centro de Investigaciones del Bosque Atlántico (CeIBA)

PIA Nro. 10102



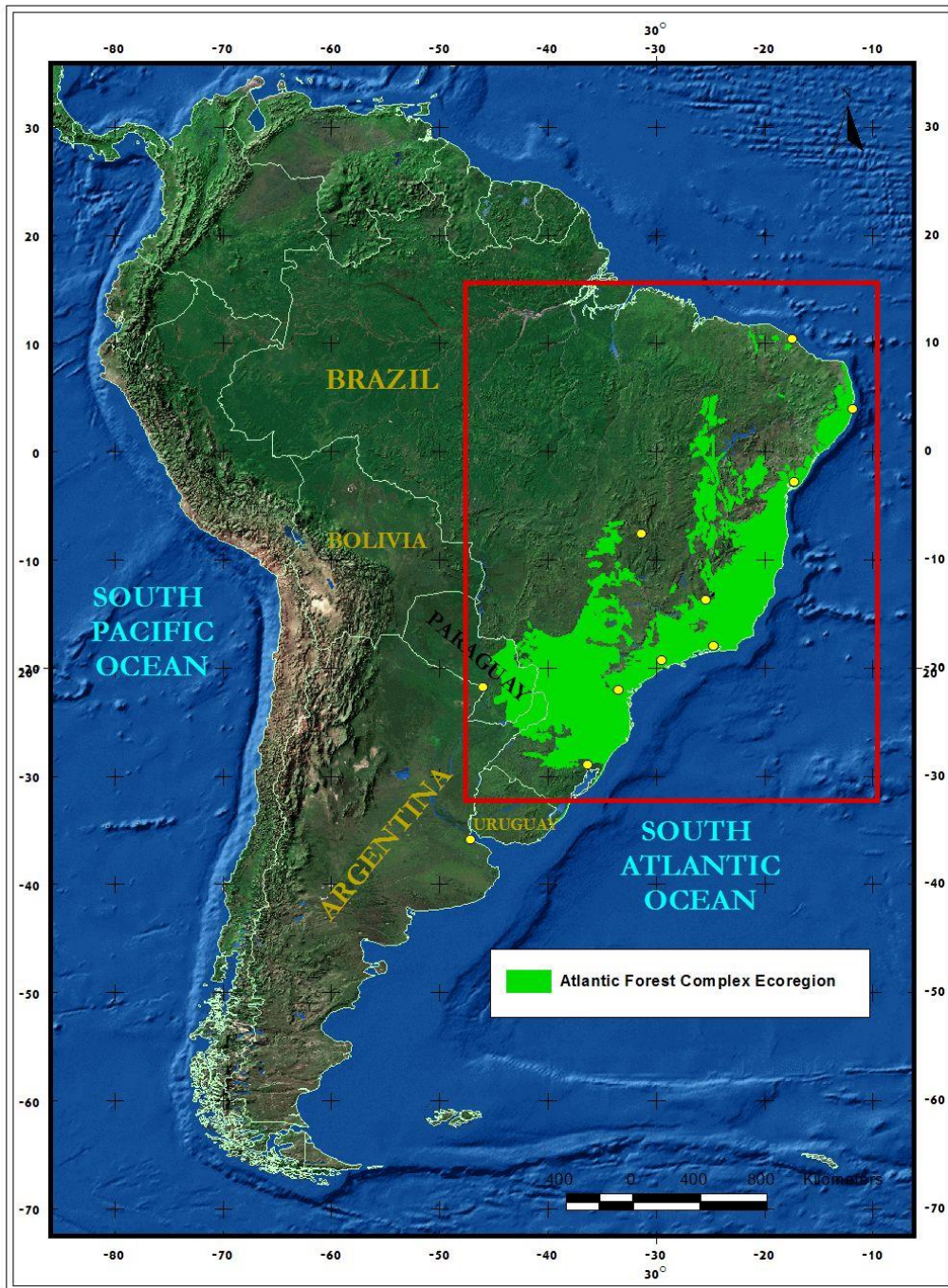
COMPONENTE PLANTACIONES FORESTALES SUSTENTABLES
PROYECTO MANEJO SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES - BIRF 7520 AR

PROYECTO CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD
EN PAISAJES PRODUCTIVOS FORESTALES - GEF 090118

Preocupación sobre los impactos de las plantaciones forestales

- Especialmente en áreas de biodiversidad sobresaliente y donde habitan de especies y ecosistemas amenazados a nivel global. Ej. Bosque Atlántico de Sudamérica.





Bosque Atlántico

Una de las 10 regiones más importantes del mundo para la conservación.

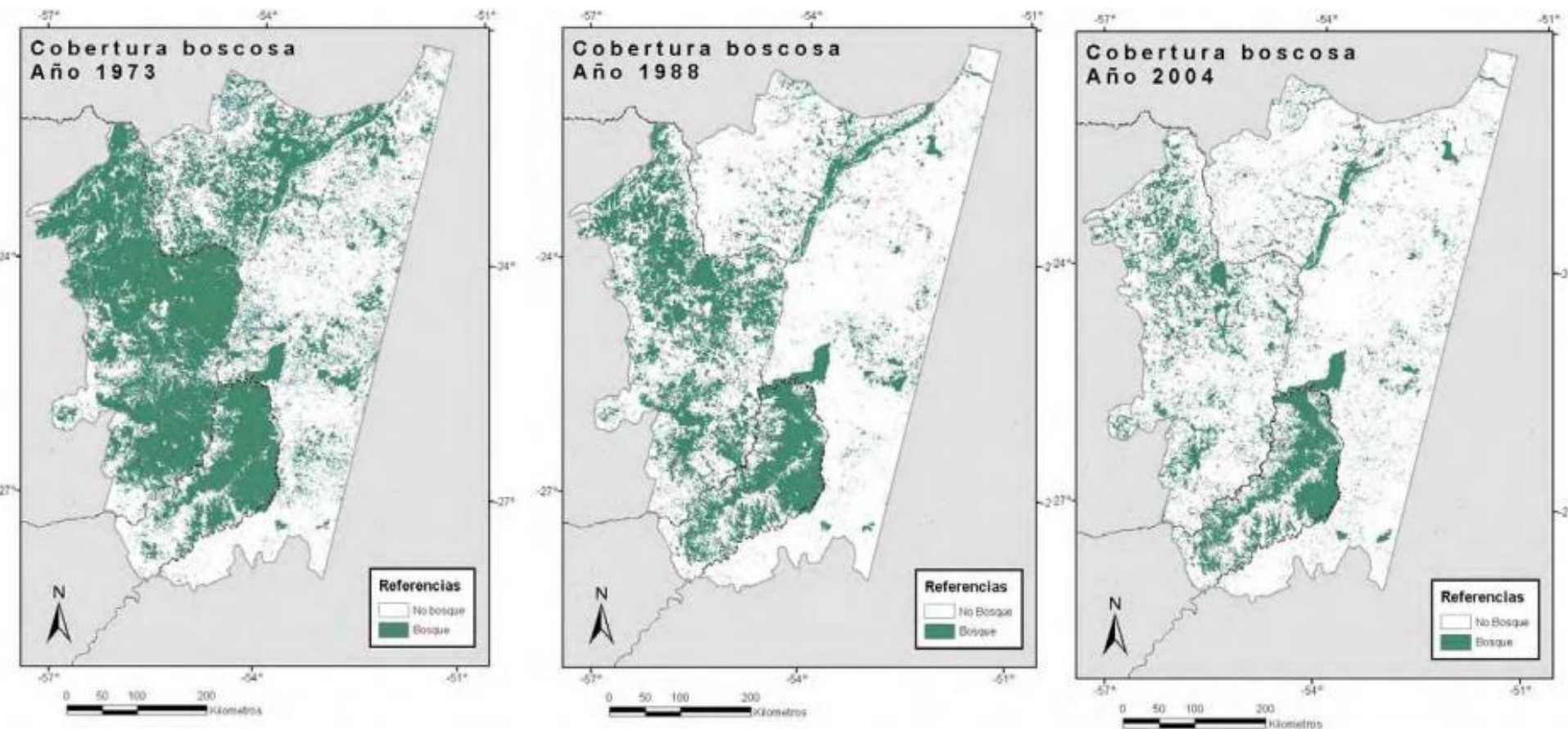
Hotspot de biodiversidad.

8.000 plantas endémicas
567 vertebrados endémicos

Bosque Atlántico del Alto Paraná es la región más grande del BA

Bosque Atlántico del Alto Paraná

Transformación y conversión a otros usos de más del 90% de su superficie original



Hábitat vs no hábitat

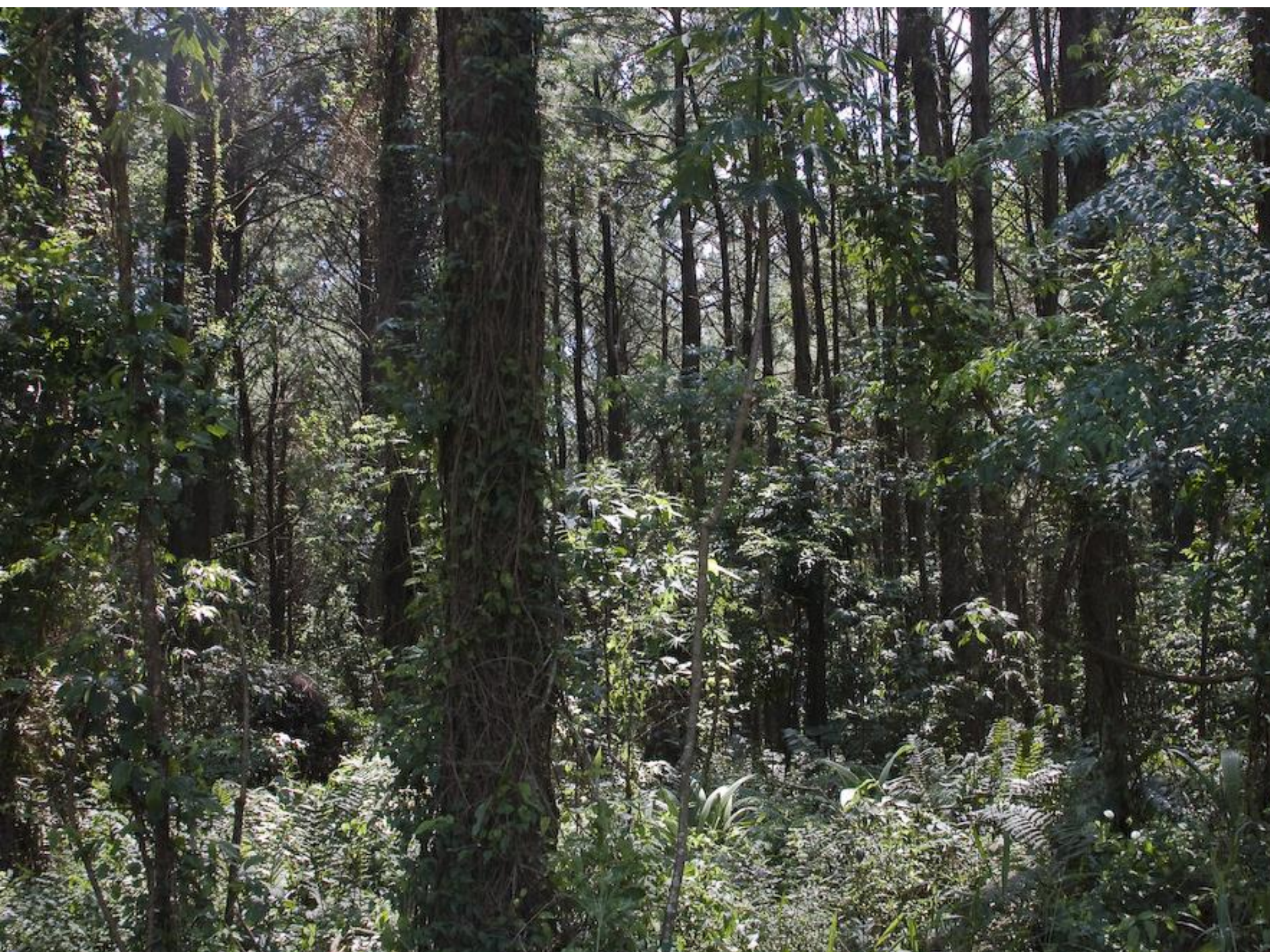
- En ambientes de bosque, las plantaciones forestales pueden ser utilizadas por la fauna o constituir un hábitat adecuado para algunas especies.
- Sin embargo, algunas especies pierden su hábitat ante los cambios en el paisaje y pueden ser reemplazadas por otras.



Manejo integrado del paisaje forestal

- El que un paisaje forestal pueda ser usado por la fauna dependerá de muchos factores:
 - **Configuración espacial de los elementos que componen el paisaje** (ej. porcentaje del hábitat natural remanente, su configuración espacial (ej. distancia al bosque), tamaño y edad de rodales.
 - **Oferta de recursos** en plantaciones (alimento, refugio, etc.).
 - **Interacción con otras especies.**





CUIDEMOS
EL MEDIO
AMBIENTE

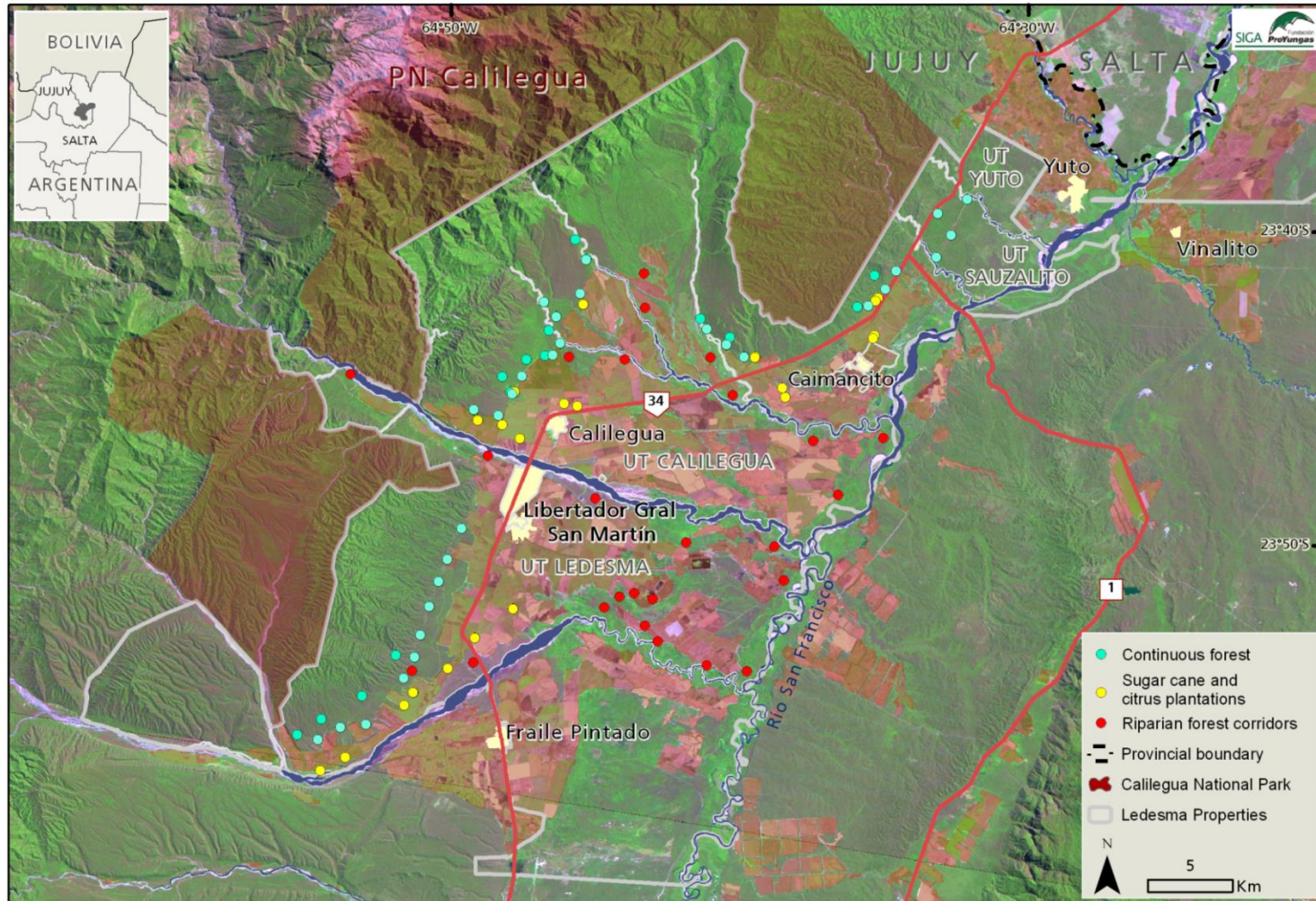




Algunos elementos del paisaje son esenciales para mitigar los impactos negativos de la transformación del paisaje natural

Por ejemplo, para mantener la conectividad del paisaje y las poblaciones animales y vegetales

Uso de corredores riparios por felinos en Ledesma, Jujuy



Ocelote, *Leopardus pardalis*



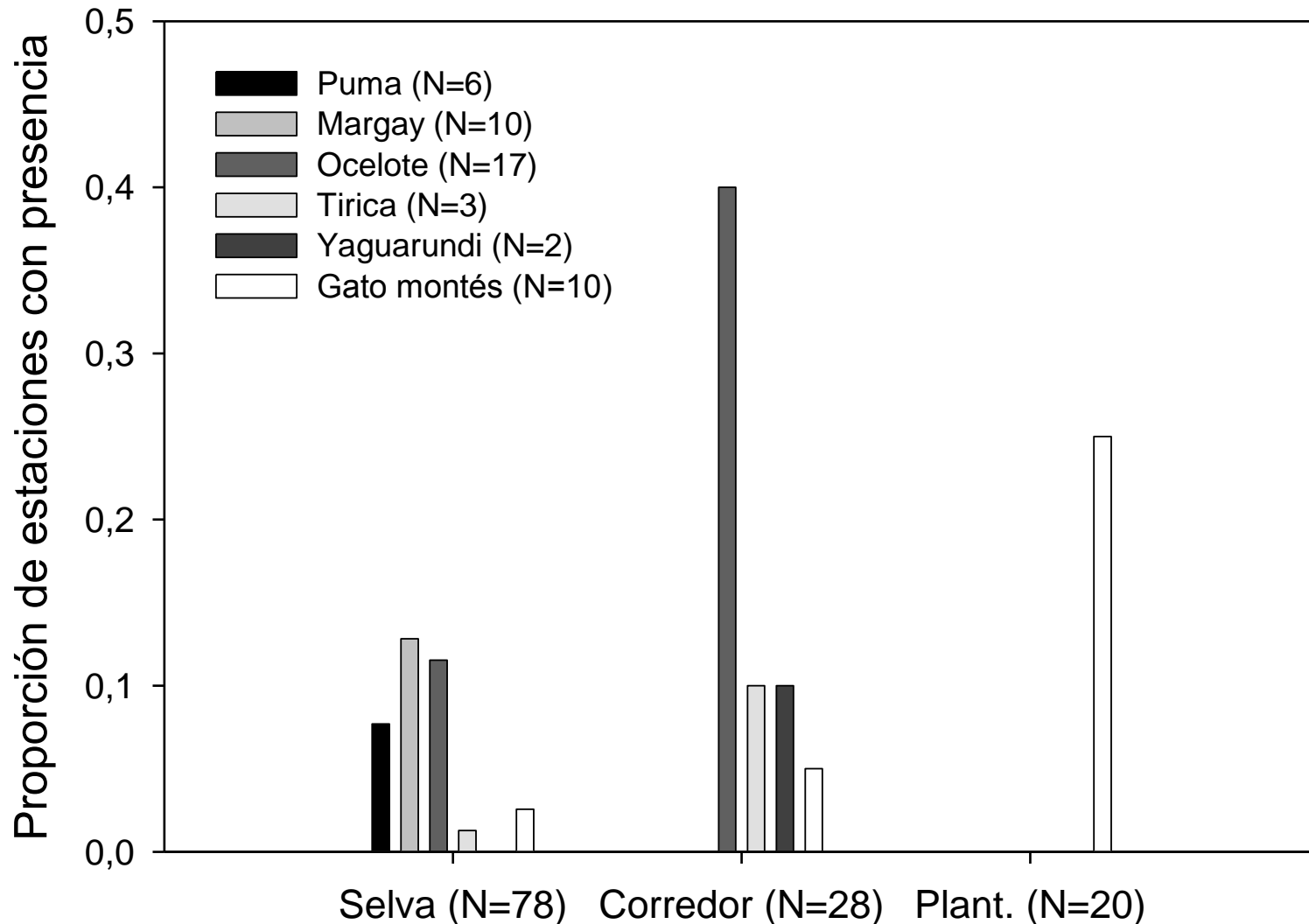
Yaguarundi, *Puma yagouarundi*



Margay, *Leopardus wiedii*



Uso diferencial de los corredores



Oferta de recursos

Carpintero cara canela, *Dryocopus galeatus*, especie amenazada y endémica del Bosque Atlántico.



Fuente: Cockle et al. 2010. *Biological Conservation* 143: 2851–2857

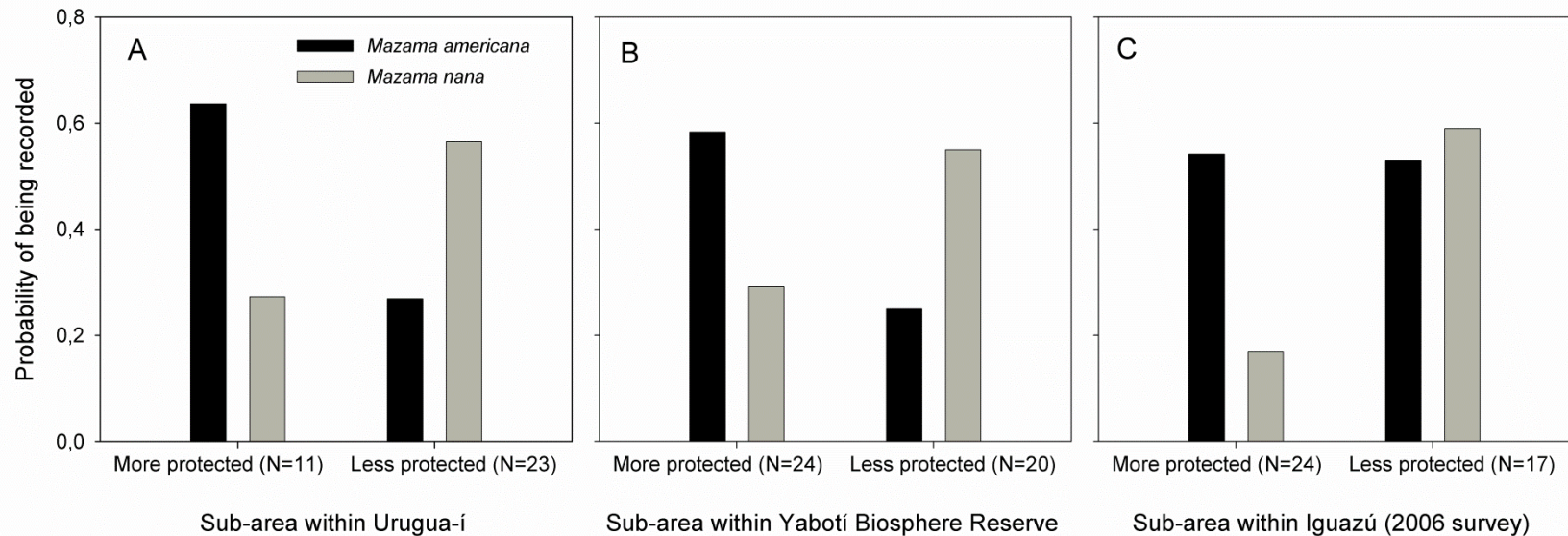
Foto: Héctor Bottai

Cambios en la interacción entre especies mediada por impactos antrópicos





Corzuelas en Misiones



Fuente: Di Bitetti et al. 2008. Differential responses to hunting in two sympatric species of brocket deer (*Mazama americana* and *M. nana*). *Biotropica* 40(5): 636-645.

Objetivos

El objetivo de nuestro proyecto es conocer cómo la configuración del paisaje forestal del norte de Misiones afecta la diversidad de mamíferos, la composición del ensamble y la distribución y abundancia de las poblaciones que componen este ensamble.

Evaluamos el efecto que tienen, en el ensamble y en poblaciones de mamíferos,:

- Los **tres elementos dominantes** en el paisaje: 1) bosque continuo, 2) fragmentos de bosque y 3) plantaciones forestales.
- El **porcentaje de bosque** remanente en el entorno.
- La costo de acceso (**accesibilidad**) a los sitios de estudio (presión antrópica = caza, otras actividades extractivas, presencia de perros).
- La **distancia al borde** de las grandes masas continuas de bosque.
- La complejidad estructural de la **vegetación**.

Mamíferos

Muy sensibles a los cambios del paisaje.

Especies amenazadas a nivel global o nacional.

Participan en procesos ecológicos importantes.



Yagueté, *Panthera onca*



Tapir, *Tapirus terrestris*



Zorro pitoco, *Speothos venaticus*



Mborebí, *Myrmecophaga tetradactyla*



Pecarí labiado, *Tayassu pecari*

Mamíferos

El ensamble incluye especies endémicas del Bosque Atlántico y también amenazadas o no categorizadas nivel global o nacional.

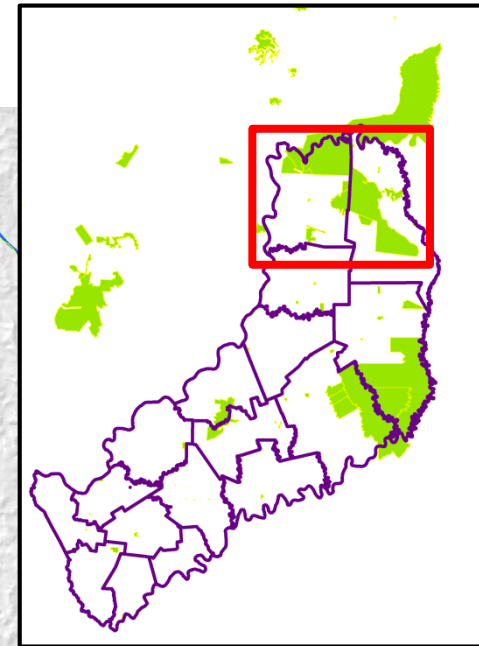
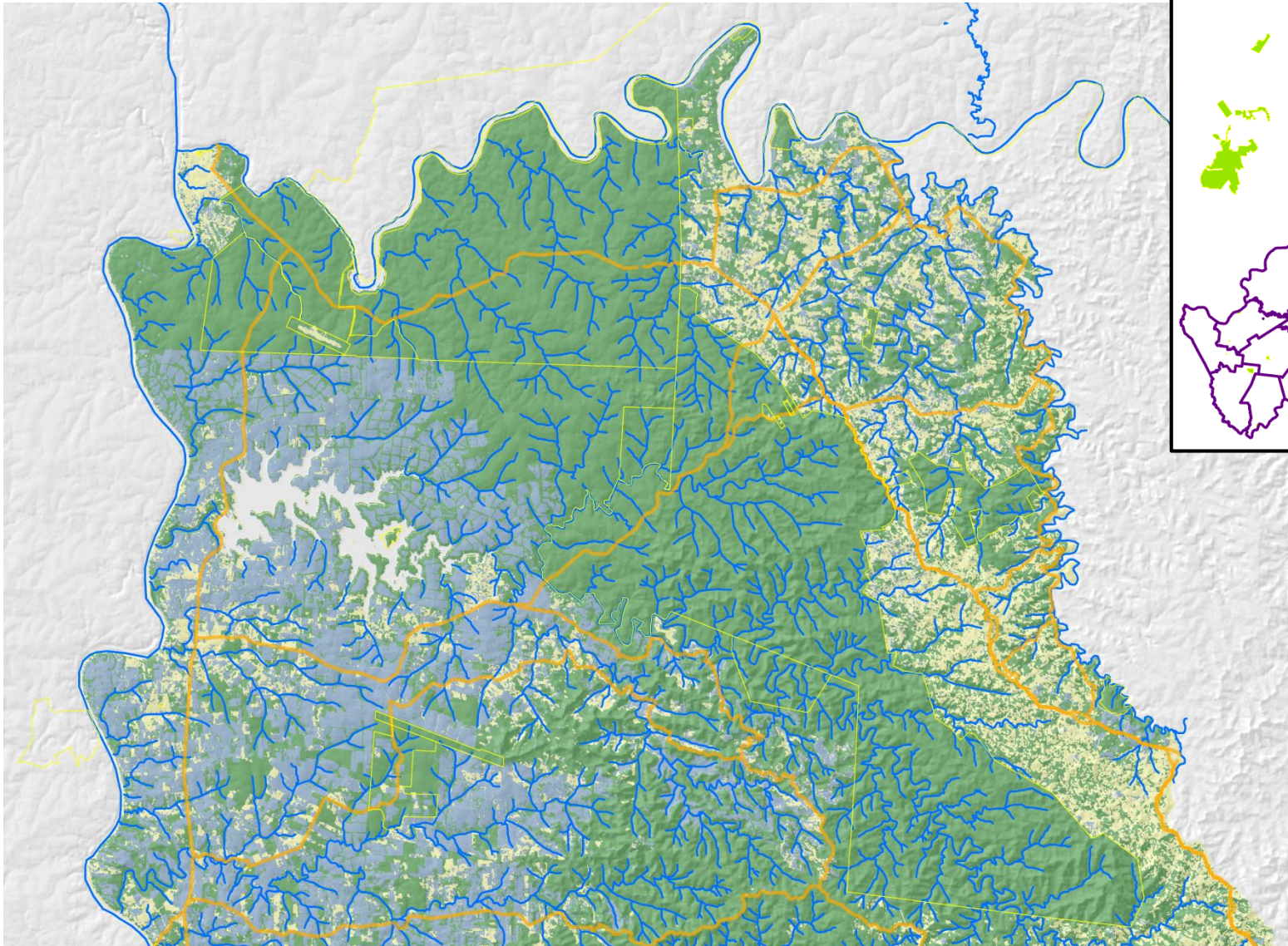


Tirica, *Leopardus tigrinus* (= *gutulus*)



Corzuela enana o poca, *Mazama nana*

Área de estudio



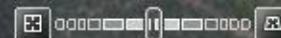


Image © 2007 DigitalGlobe

©2007 Google™

1917 m

Puntero 25°52'54.93" S 54°19'33.50" O elev. 298 m

Secuencia III.IIIII 96%

Alt. oio 6.89 km

Métodos – cámaras trampa

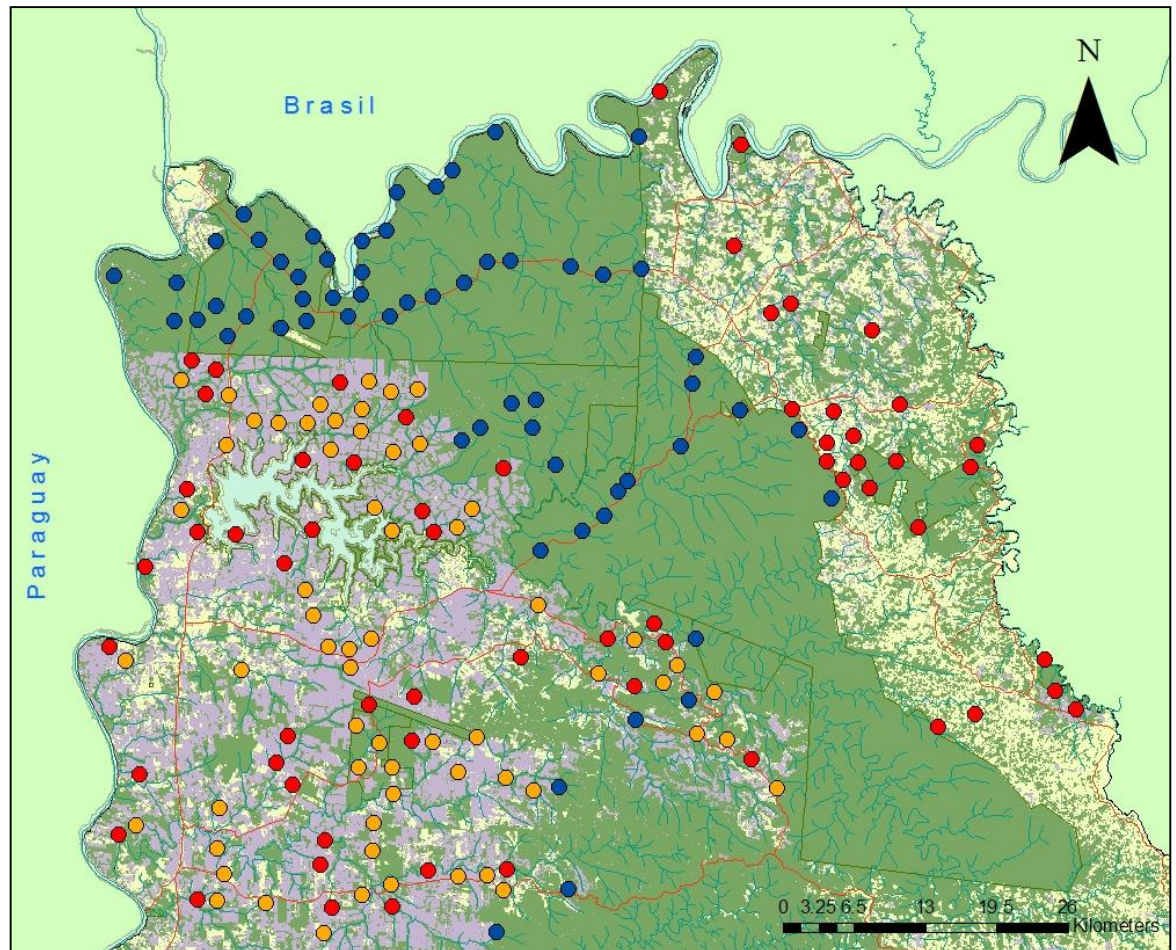
2012-11-01 4:20:38 PM M 3/3 ● 23°C



Métodos – estaciones de muestreo

184 estaciones de muestreo dispuestas al azar en tres tratamientos:

- 1) 60 estaciones en **bosque continuo** (círculos azules),
- 2) 62 en **fragmentos** (círculos rojos) y
- 3) 62 en **plantaciones de pinos** (círculos amarillos).



Métodos – duración y esfuerzo

- Fechas: Mayo 2013 – Dic. 2014.
- Esfuerzo total: 9.171,83 días-cámara de muestreo.
- Esfuerzo promedio por estación de muestreo: 49,85 días (rango: 18 –123 días).



Métodos – variables predictoras

- 1) Tres tratamientos: Bosque, Fragmento, Plantación.
- 2) Distancia al borde del bloque continuo de bosque.
- 3) Porcentaje de bosque nativo en un radio de 2km.
- 4) “Costo de acceso” (= presión de caza).
- 5) Complejidad estructural de la vegetación (eje 1 de un PCA).
- 6) Edad del rodal.

1, 2 y 3 fueron obtenidas a partir de un SIG.



Métodos – análisis de los datos

- 1) Estimación de riqueza de especies por tratamiento: curvas de rarefacción (para 120 estaciones).
- 2) Ordenamiento de estaciones con un Análisis de Componentes Principales (tanto para variables de vegetación como para vertebrados = mamíferos y tres aves terrestres).
- 3) Modelos lineales generalizados (GLM) para evaluar el efecto de variables predictoras en la riqueza, las tasas de registros de especies y en los valores de las estaciones en PCA de especies.
- 4) Modelos de ocupación para algunas especies.
- 5) Mapas realizados con ArcGis

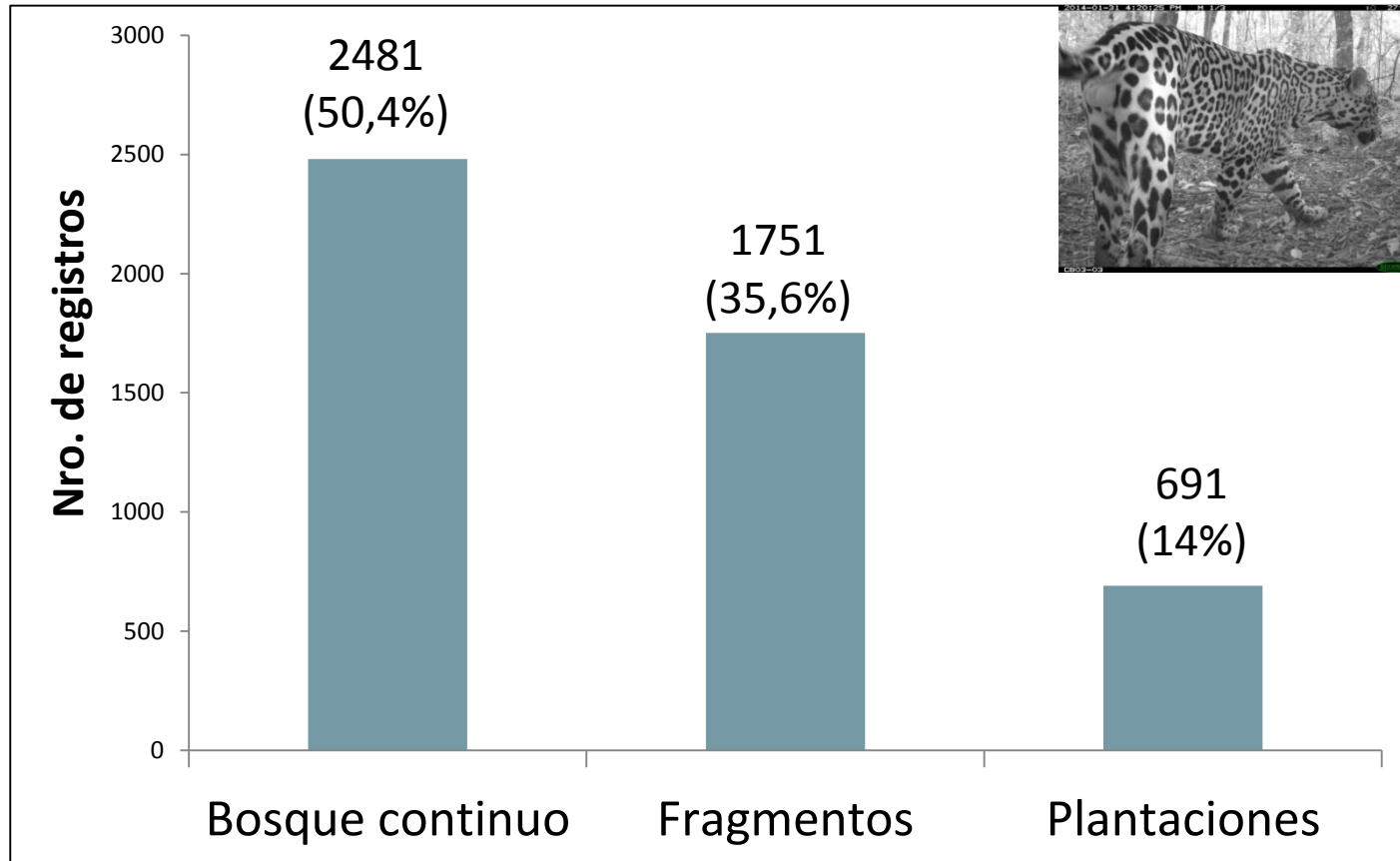


Las fotos fueron transformadas a registros independientes (> 1 h)

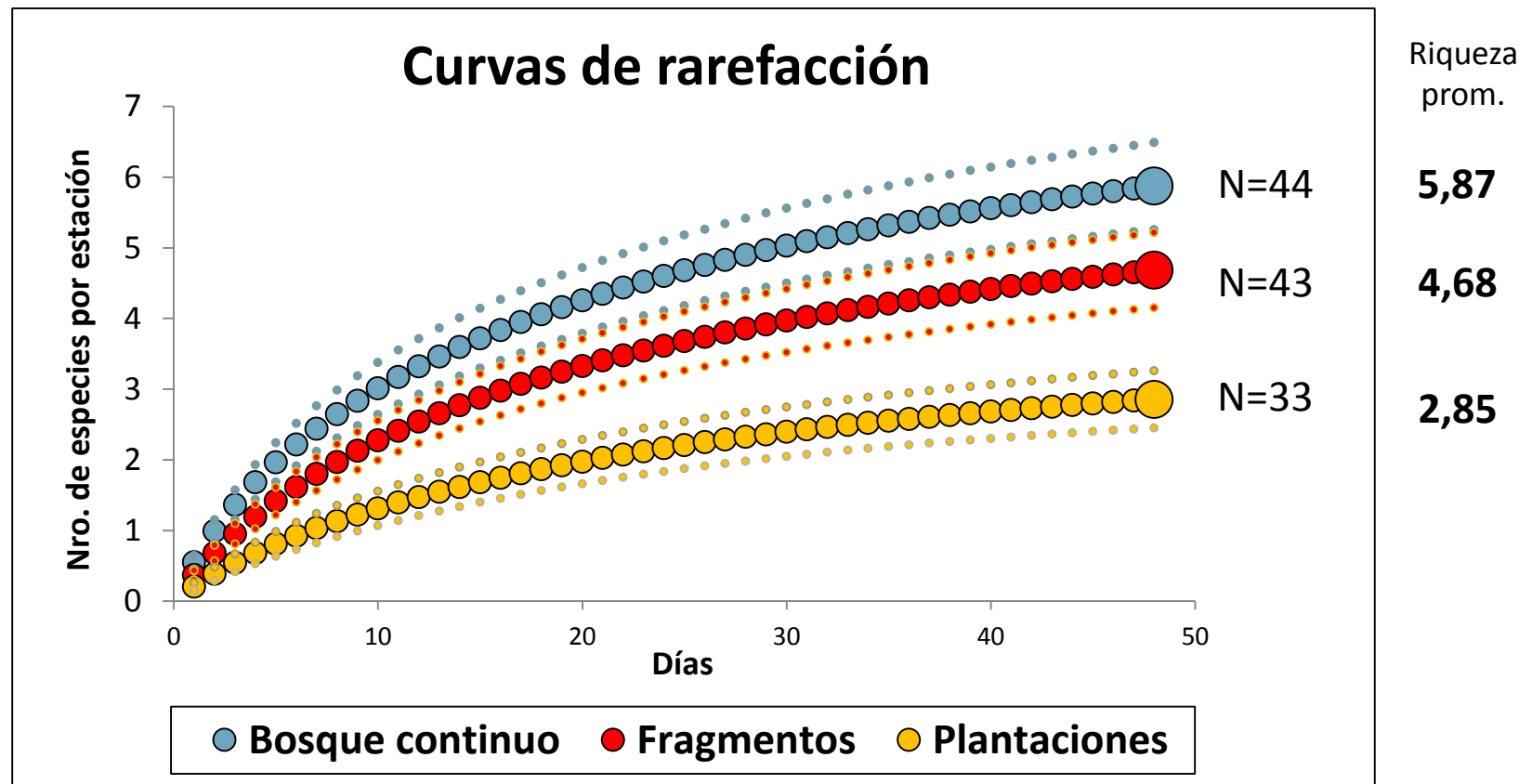
Es muy común que un breve lapso de tiempo obtengamos numerosas fotografías de un mismo individuo o grupo de individuos y estas fotos no pueden considerarse eventos independientes.

Resultados

4923 registros independientes (cada 1 hr)



Riqueza de especies de mamíferos por tratamiento (N=120 estaciones)



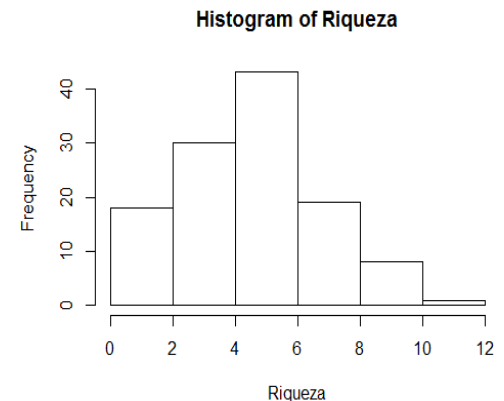
Registramos 32 especies de mamíferos

Variables que afectan la riqueza

- Utilizamos GLM; modelo con una distribución Gaussiana.
- Usamos criterio de información de Akaike rankeando los modelos según $\Delta AICc$ y usando “model averaging” para evaluar el peso relativo de las variables.
- Cuatro variables predictoras*:
 - 1) **Tratamiento**: bosque, fragmento y plantación
 - 2) **Accesibilidad**
 - 3) **Distancia al borde** del bloque de bosque
 - 4) **Porcentaje de bosque** en un radio de 2km

*Para este análisis no utilizamos la variable “estructura de la vegetación” porque está muy correlacionada a la variable “tratamiento”.

Realizamos los análisis con R 3.1.2



Resultados GLM - Riqueza

Variables incluidas en el modelo	No Parámetros	ΔAIC_c	Weight
Tratam. + Acces.	5	0,00	0,267
Tratam. + Acces. + Dist Bosque	6	0,39	0,219
Tratam. + Dist Bosque	5	1,34	0,137
Tratam.	4	1,80	0,109
Tratam. + Acces. + %Bosque	6	1,85	0,106
Tratam. + Acces. + Dist Bosque + %Bosque	7	2,65	0,071
Tratam. + %Bosque	5	3,49	0,047
Tratam. + Dist Bosque + %Bosque	6	3,55	0,045

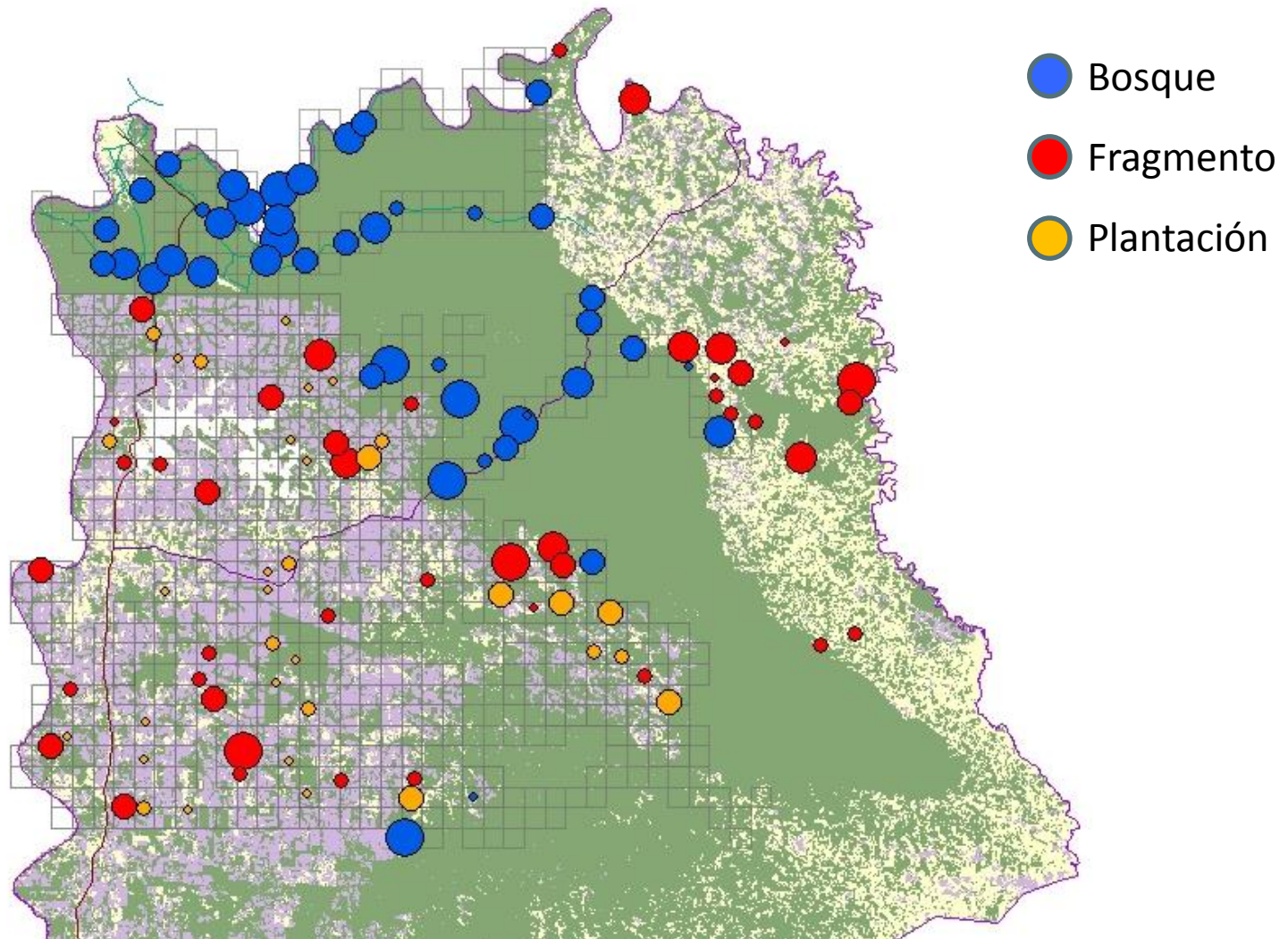
- De los 16 modelos posibles, 8 poseen un peso mayor al 10% del peso del mejor modelo rankeado según AIC. Esos 8 modelos tienen a “Tratamiento” como variable.

Resultados GLM - Riqueza

Variable	Peso de importancia	β	IC inf	IC Sup
Tratam. (Fragmento)	1	-6,62*e-01	-1,69	4,34*e-01
Tratam. (Plantación)	1	-2,59	-3,68	-1,49
Accesibilidad	0,66	4,44*e-01	-0,02	9,14*e-01
Distancia	0,47	-3,34*e-05	-0,001	1,45*e-05
% Bosque a 2 km	0,27	-2,87*e-03	-0,01	2.09*e-02

- El tratamiento (Plantación) es la única variable que afecta estadísticamente y negativamente la riqueza de mamíferos.
- La riqueza es, además, menor en fragmentos que en el bosque continuo, disminuye con la accesibilidad y con la distancia al bosque.

Riqueza de especies de mamíferos por tratamiento (N=120 estaciones)

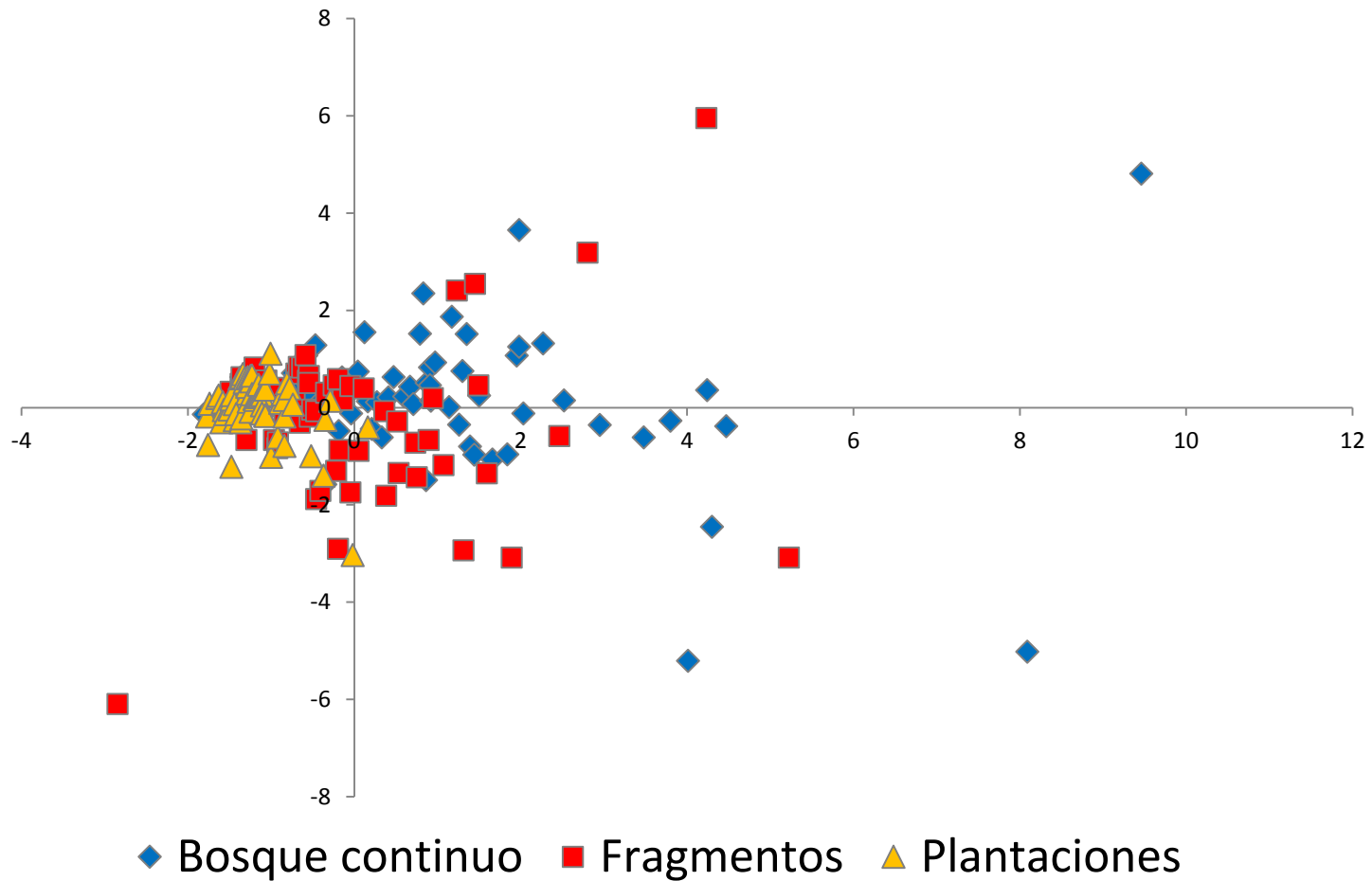


El diámetro de los círculos es proporcional a los valores de riqueza estimada

Ordenamiento del ensamble (PCA)

- Realizamos un Análisis de Componentes Principales (PCA) con aquellas especies registradas en >10% de las estaciones de muestreo, incluyendo 15 especies de mamíferos y tres de aves caminadoras (tataupá, pava de monte y saracura).
- Las tasas de registros fueron estandarizadas a unidades de desviación estándar.

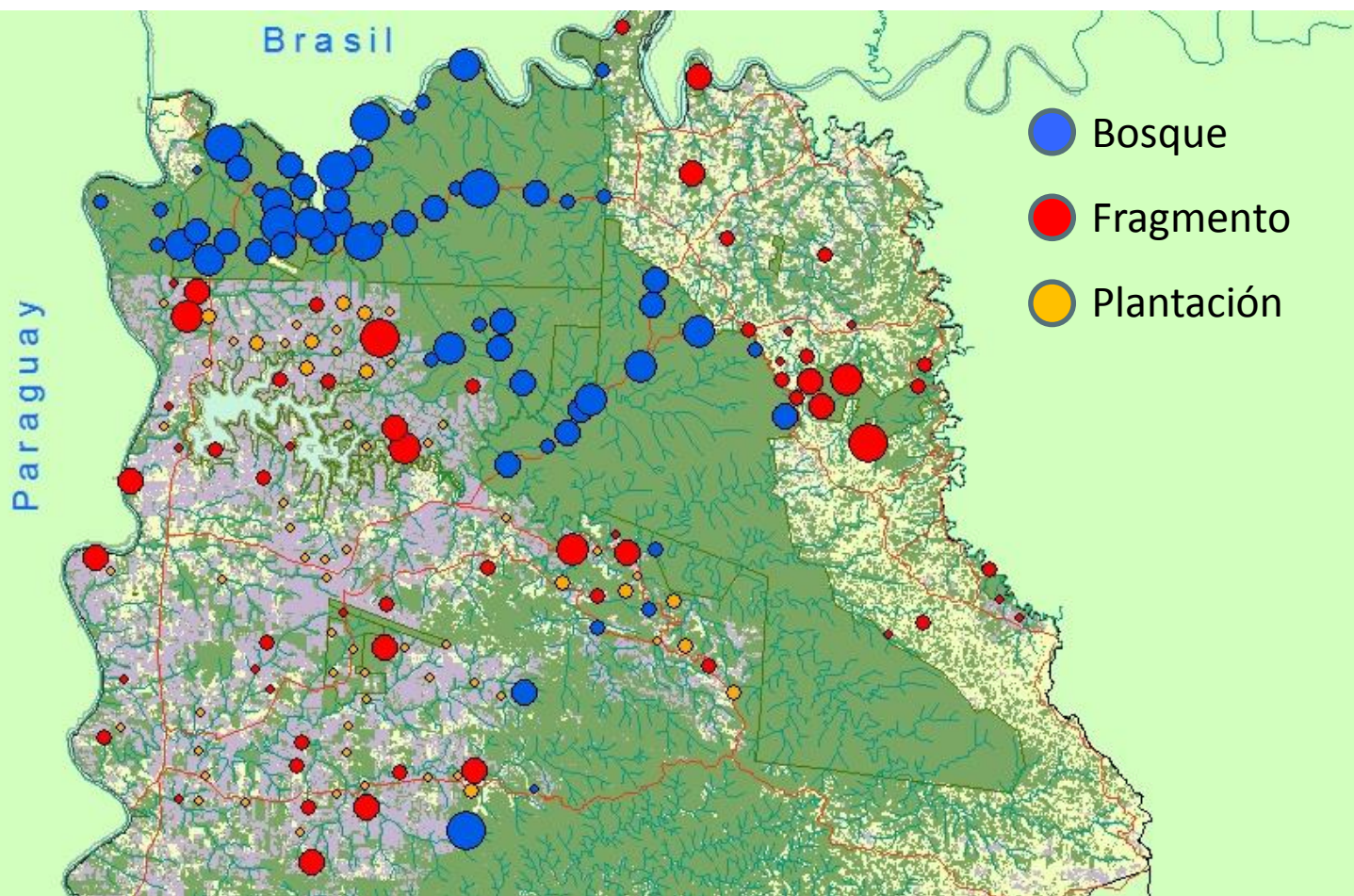
Ordenamiento del ensamble (PCA)



Correlación de las especies con ejes 1 y 2

Especie	Nombre científico	Eje 1	Eje 2
Agutí	<i>Dasyprocta azarae</i>	0.72	-0.06
Comadreja de orejas negras	<i>Didelphis aurita</i>	0.63	0.29
Tapir	<i>Tapirus terrestris</i>	0.58	0.03
Paca	<i>Cuniculus paca</i>	0.52	-0.4
Ratón de monte	<i>Roedores NN</i>	0.52	0.5
Tataupá	<i>Crypturellus obsoletus</i>	0.46	0.37
Pava de monte	<i>Penelope superciliaris</i>	0.45	-0.42
Pardo o corzuela roja	<i>Mazama americana</i>	0.41	-0.25
Ocelote	<i>Leopardus pardalis</i>	0.38	-0.15
Pecarí de collar	<i>Pecari tajacu</i>	0.34	-0.33
Coatí	<i>Nasua nasua</i>	0.27	0.29
Tirica	<i>Leopardus tigrinus</i>	0.2	-0.42
Tatú	<i>Dasypus novemcinctus</i>	0.16	-0.33
Hurón mayor	<i>Eira barbara</i>	0.12	-0.25
Poca o corzuela enana	<i>Mazama nana</i>	0.07	0.12
Saracura	<i>Aramides saracura</i>	-0.08	-0.38
Tapetí o conejo	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	-0.02	-0.2
Zorro de monte	<i>Cerdocyon thous</i>	-0.31	-0.36

Valores en el eje 1 del PCA



El diámetro de los círculos es proporcional a los valores en el eje 1 del PCA

GLM – PCA eje 1

- Utilizamos GLM; modelo con una distribución Gaussiana.
- Usamos criterio de información de Akaike rankeando los modelos según $\Delta AICc$ y usando “model averaging” para evaluar el peso relativo de las variables.
- Cinco variables predictoras:
 - 1) **Tratamiento**: bosque, fragmento y plantación
 - 2) **Accesibilidad**
 - 3) **Distancia al bloque de bosque** continuo
 - 4) **% de bosque** en un radio de 2km
 - 5) **Estructura de la vegetación** (valores del eje 1 de un PCA) pero sin densidad de árboles ni área basal (variables muy correlacionadas a la variable tratamiento).

Realizamos los análisis con R 3.1.2

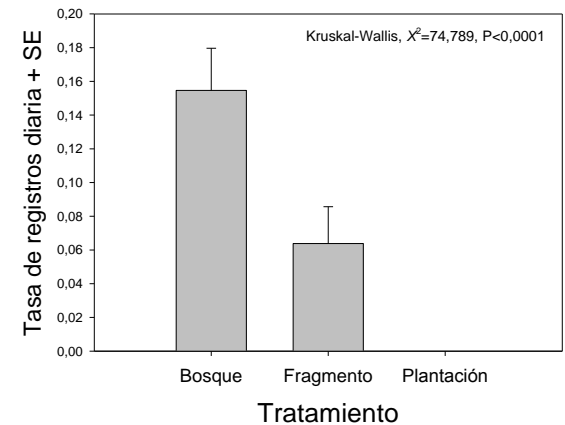
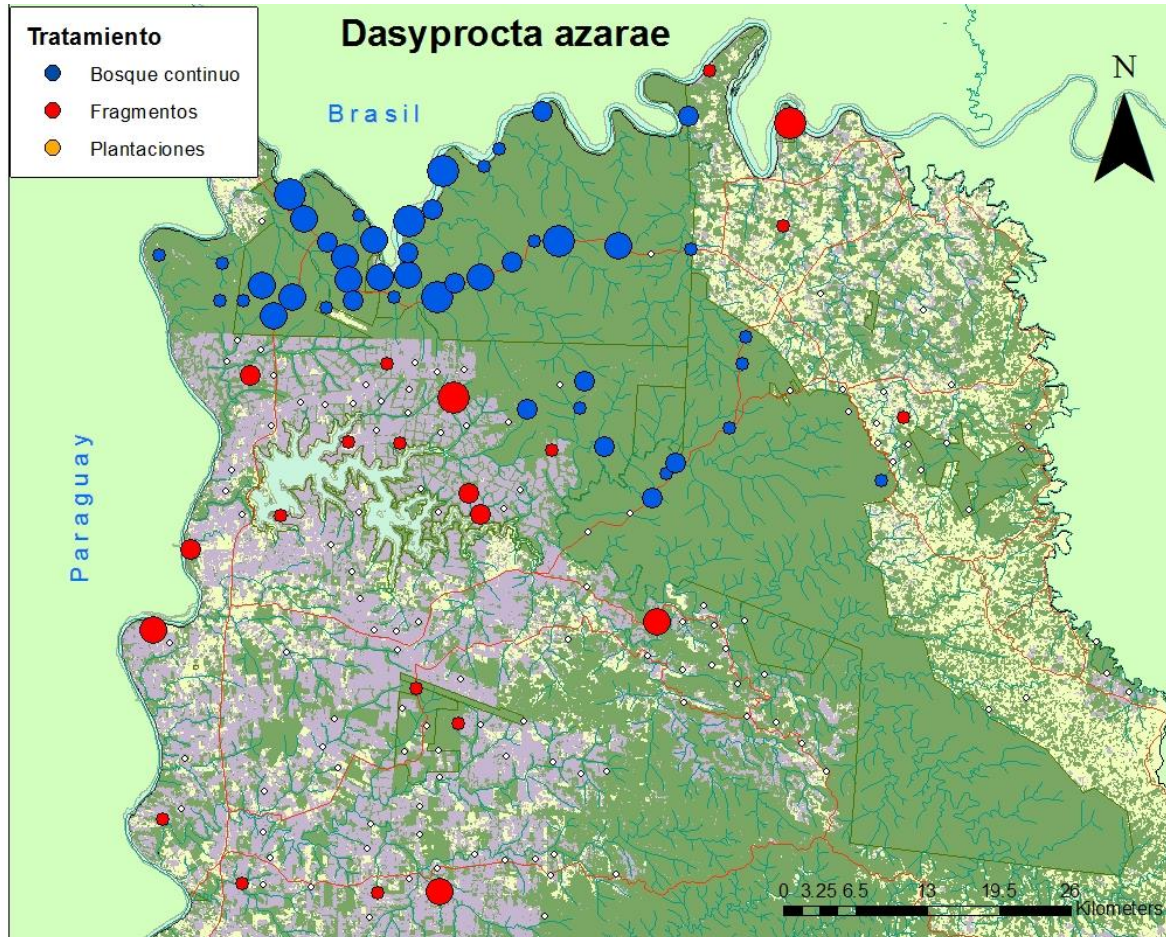
GLM – PCA eje 1

Modelo	N° par.	$\Delta AICc$	Weight
Veget. + Acces. + Tratam. + Dist.	7	0	0.24
Veget. + Acces. + Tratam.	6	1.36	0.12
Veget. + Acces. + Tratam. + %Bosque	7	1.67	0.106
Veget. + Acces. + Tratam. + Dist. + %Bosque	8	1.77	0.101

GLM – PCA eje 1

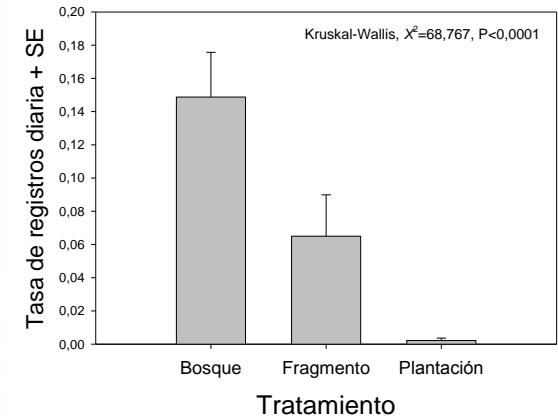
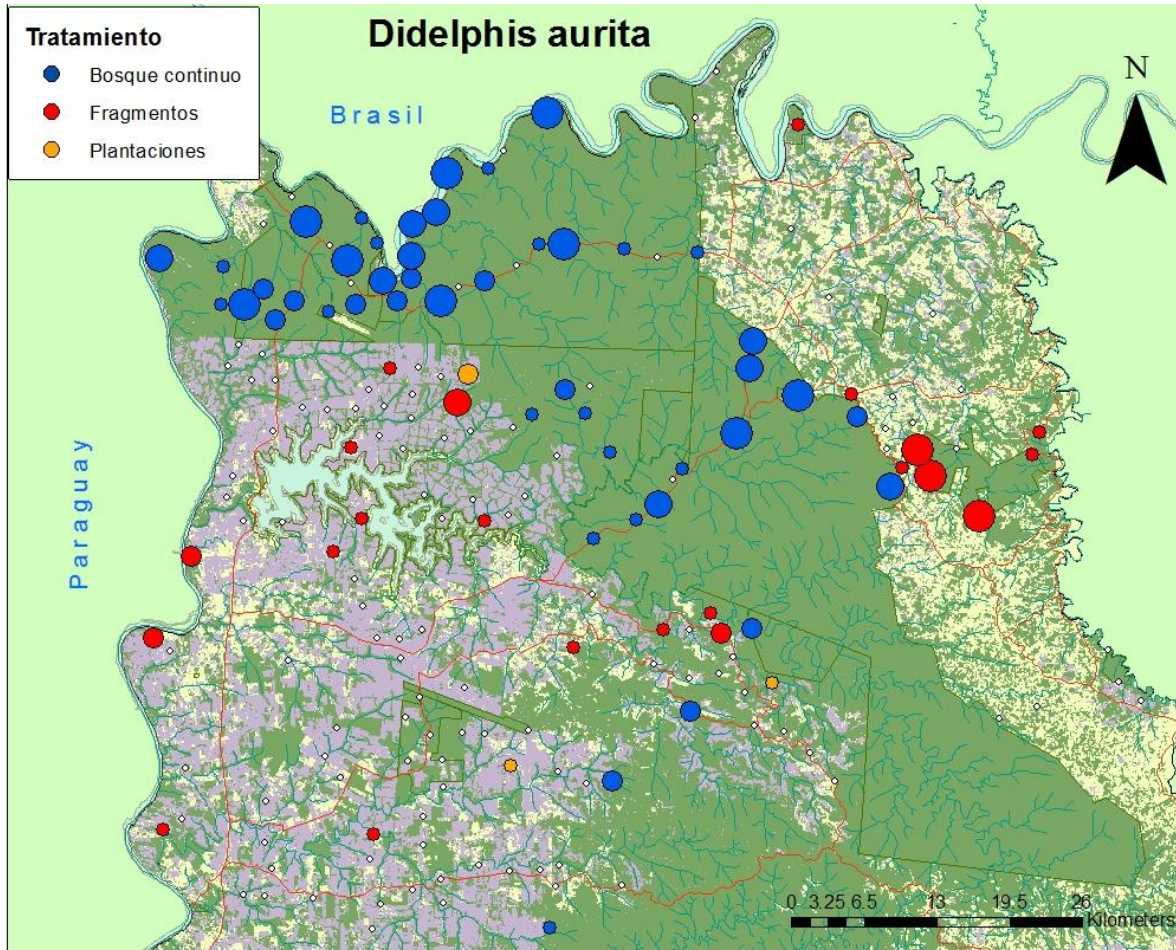
Variable	Importancia	β	CI inf.	CI sup.
(Intercepción)	--	2.90E+00	1.78E+00	4.02E+00
Vegetación	0.98	2.64E-01	8.72E-02	4.41E-01
Accesibilidad	0.84	3.45E-01	4.77E-02	6.42E-01
Distancia	0.75	-2.94E-05	-6.14E-05	2.56E-06
Tratamiento (Fragmentos)		-2.92E-01	-1.02E+00	4.41E-01
Tratamiento (Plantación)	0.7	-9.72E-01	-1.90E+00	-4.12E-02
% Bosque 2 km	0.45	7.60E-03	-4.49E-03	1.97E-02

Agutí



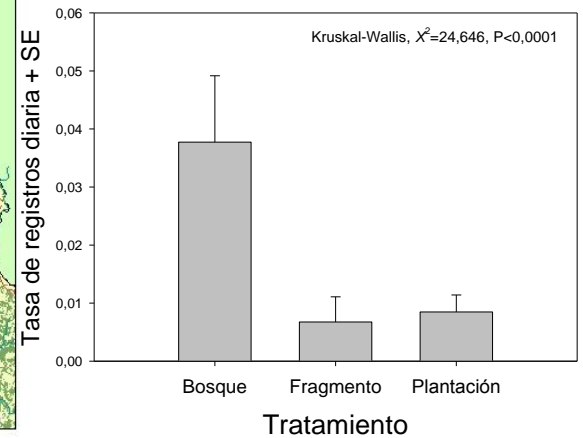
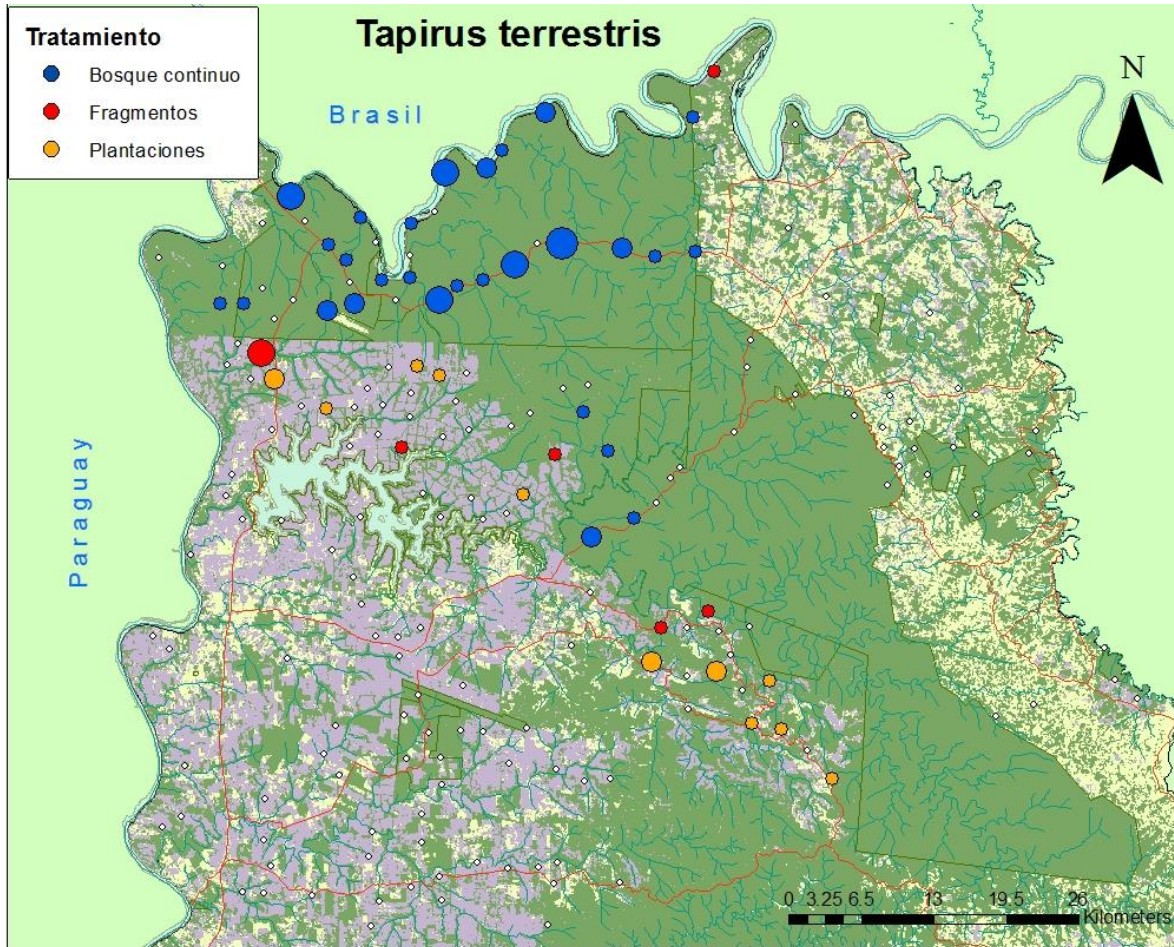
Categoría Global UICN: DD, Categoría Nacional (2012): NT= Casi Amenazado

Comadreja de orejas negras



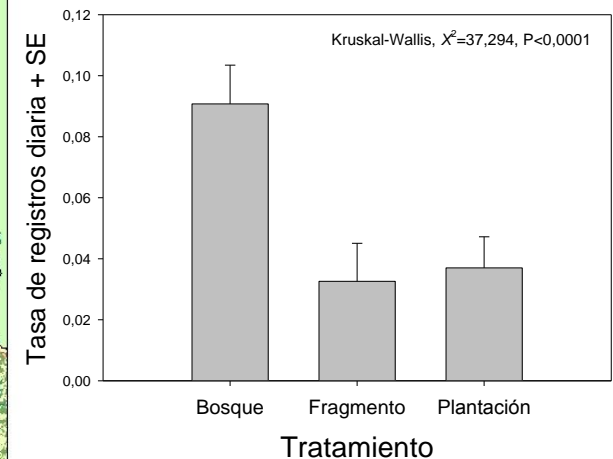
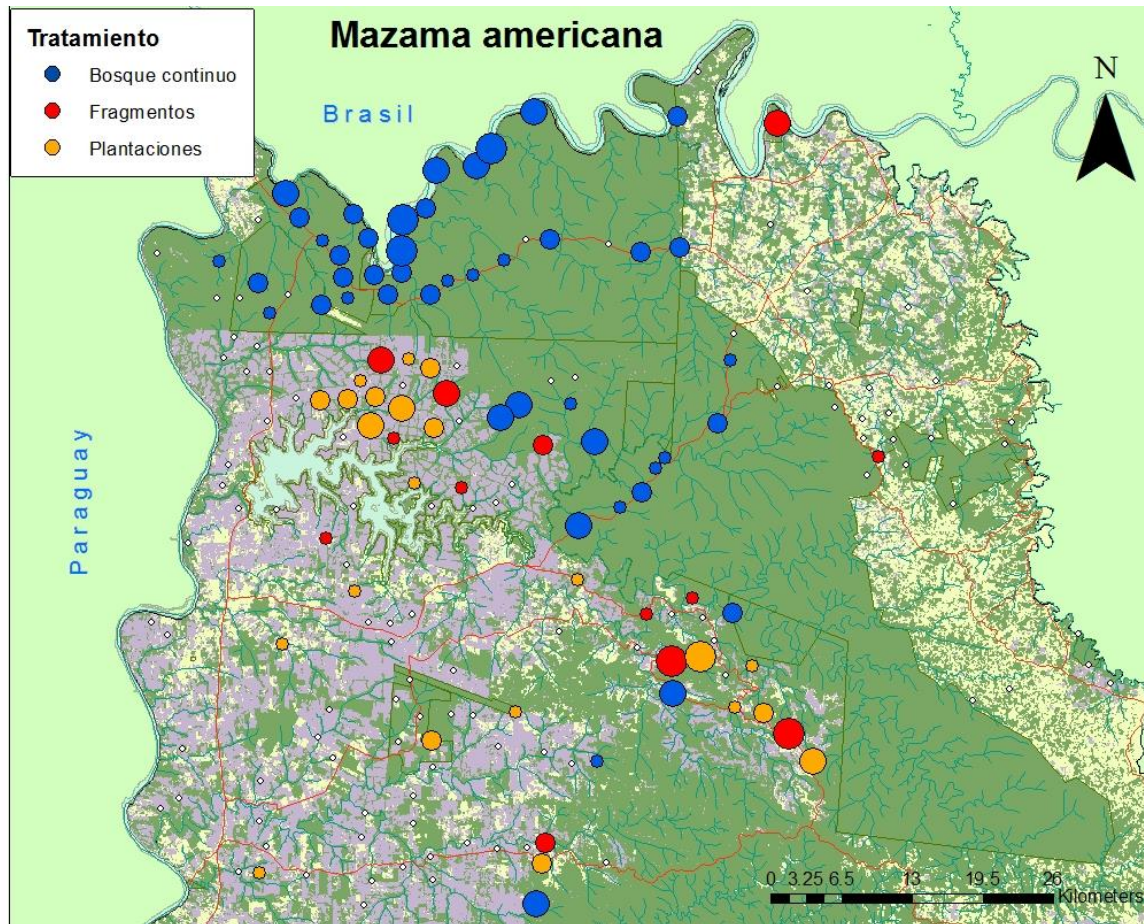
Categoría Global UICN: LC, Categoría Nacional (2012): LC = Baja Preocupación

Tapir



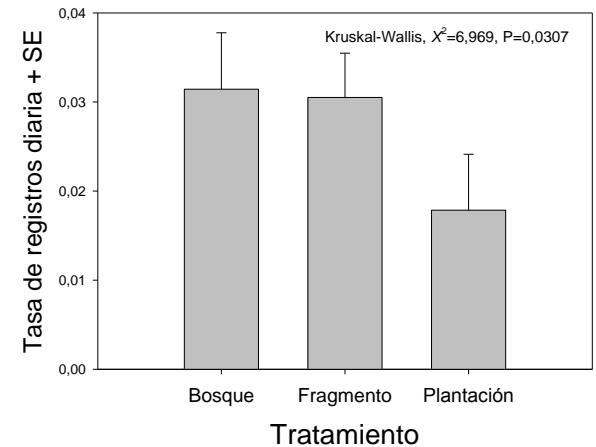
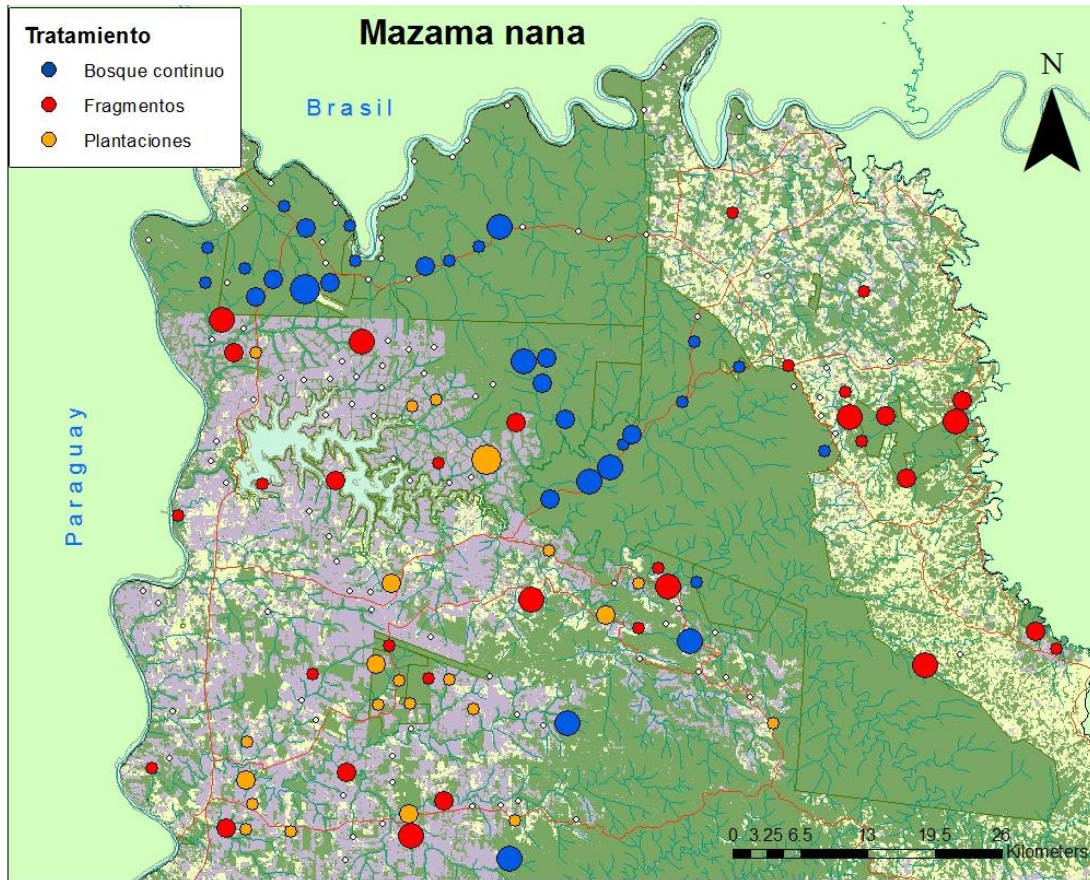
Categoría Global UICN: VU, Categoría Nacional (2012): EN = Amenazado

Corzuela roja o pardo



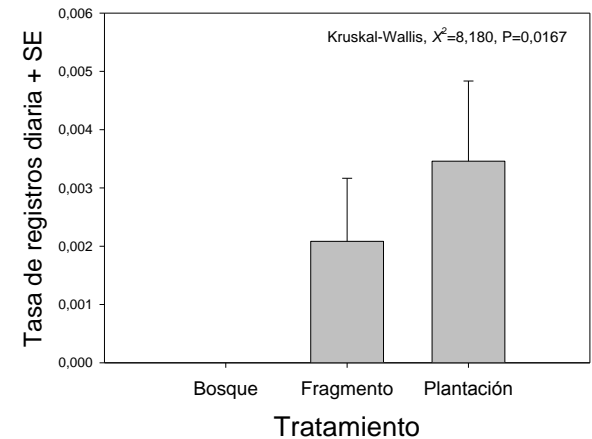
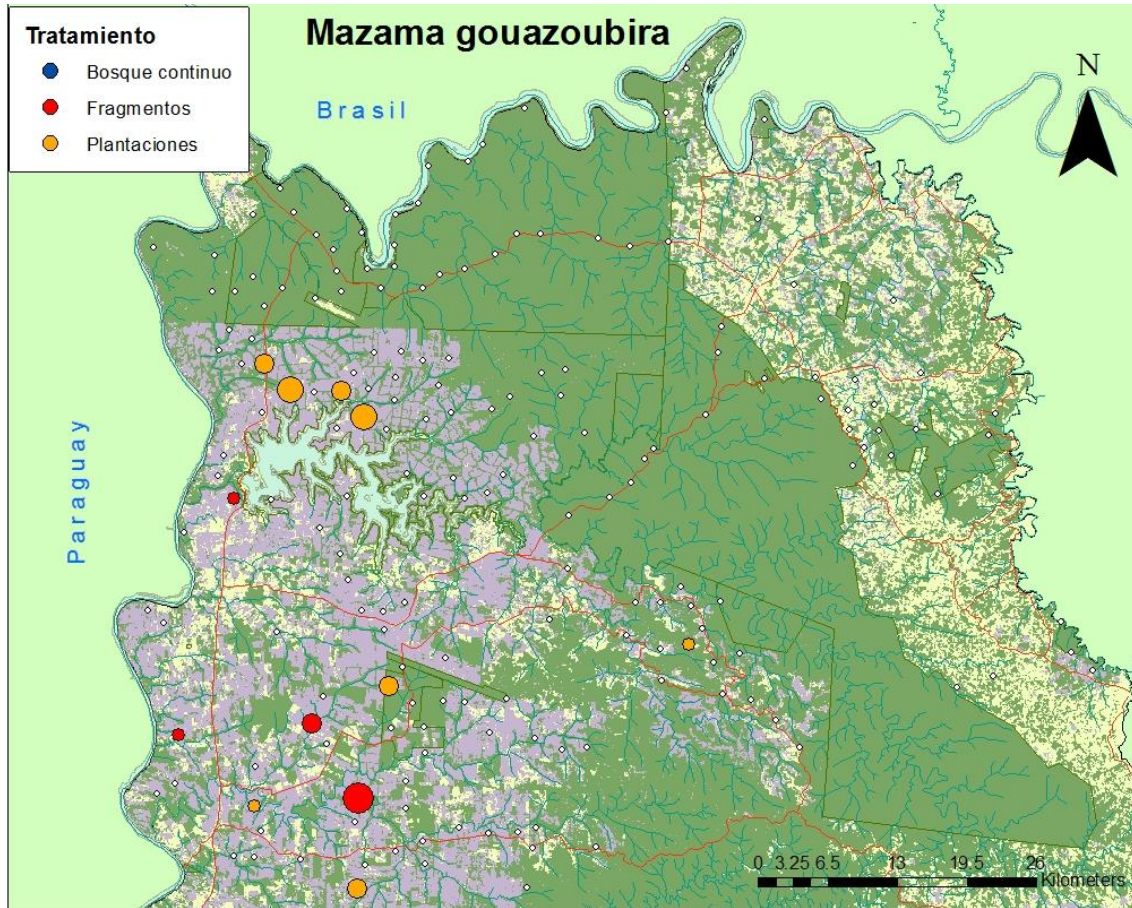
Categoría Global UICN: DD, Categoría Nacional (2012): NT = Casi Amenazado

Corzuela enana o poca



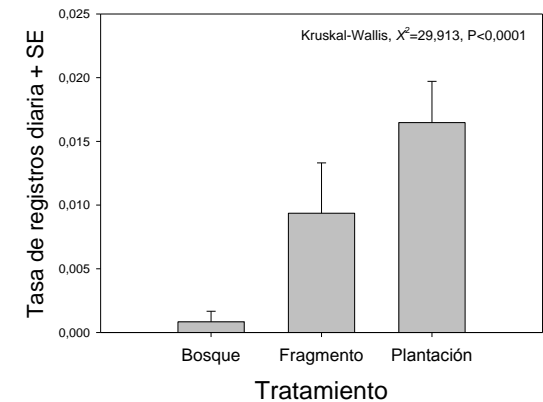
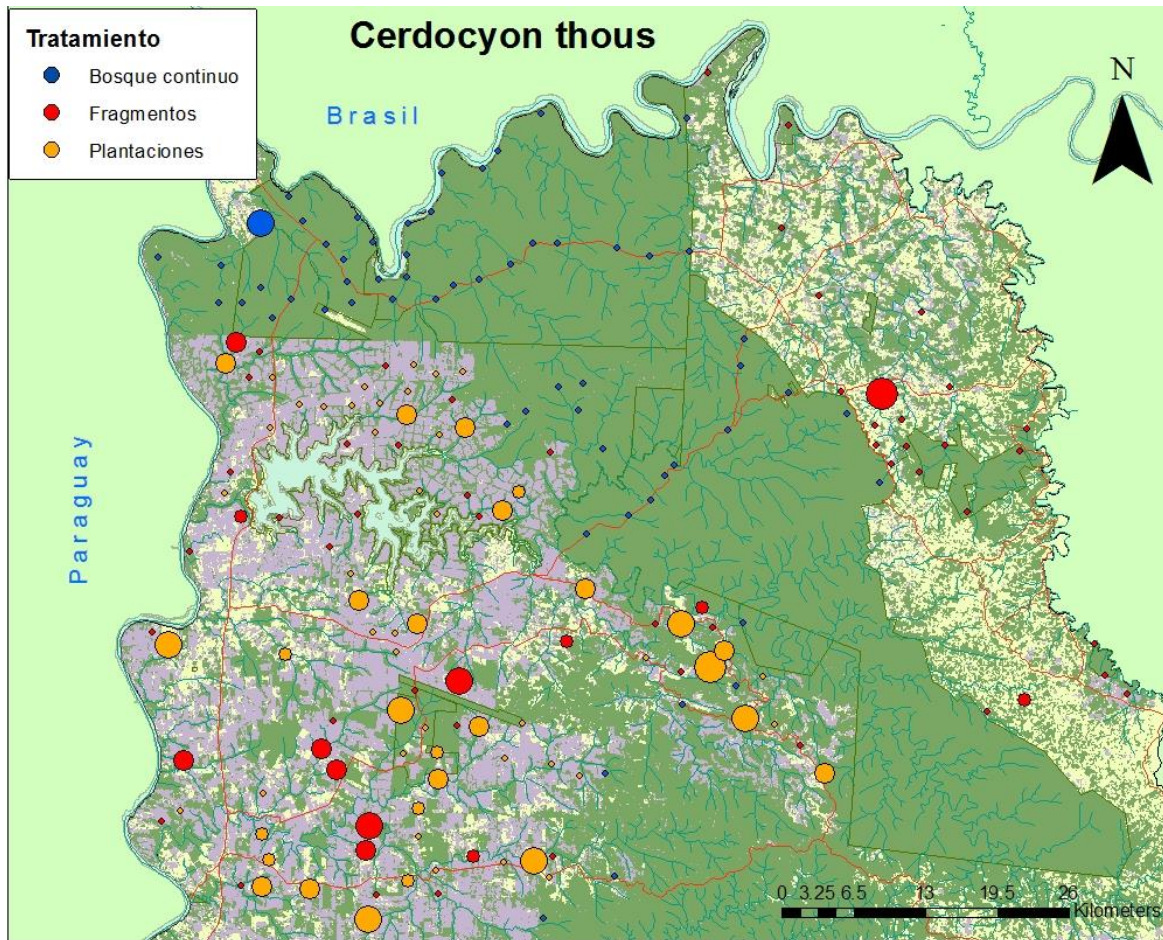
Categoría Global UICN: DD, Categoría Nacional (2012): VU = Vulnerable

Guazuncho o corzuela parda



Categoría Global UICN: DD, Categoría Nacional (2012): LC = Baja Preocupación

Zorro de monte



Categoría Global UICN: LC, Categoría Nacional (2012): LC = Baja Preocupación

Modelo de ocupación – Zorro de monte

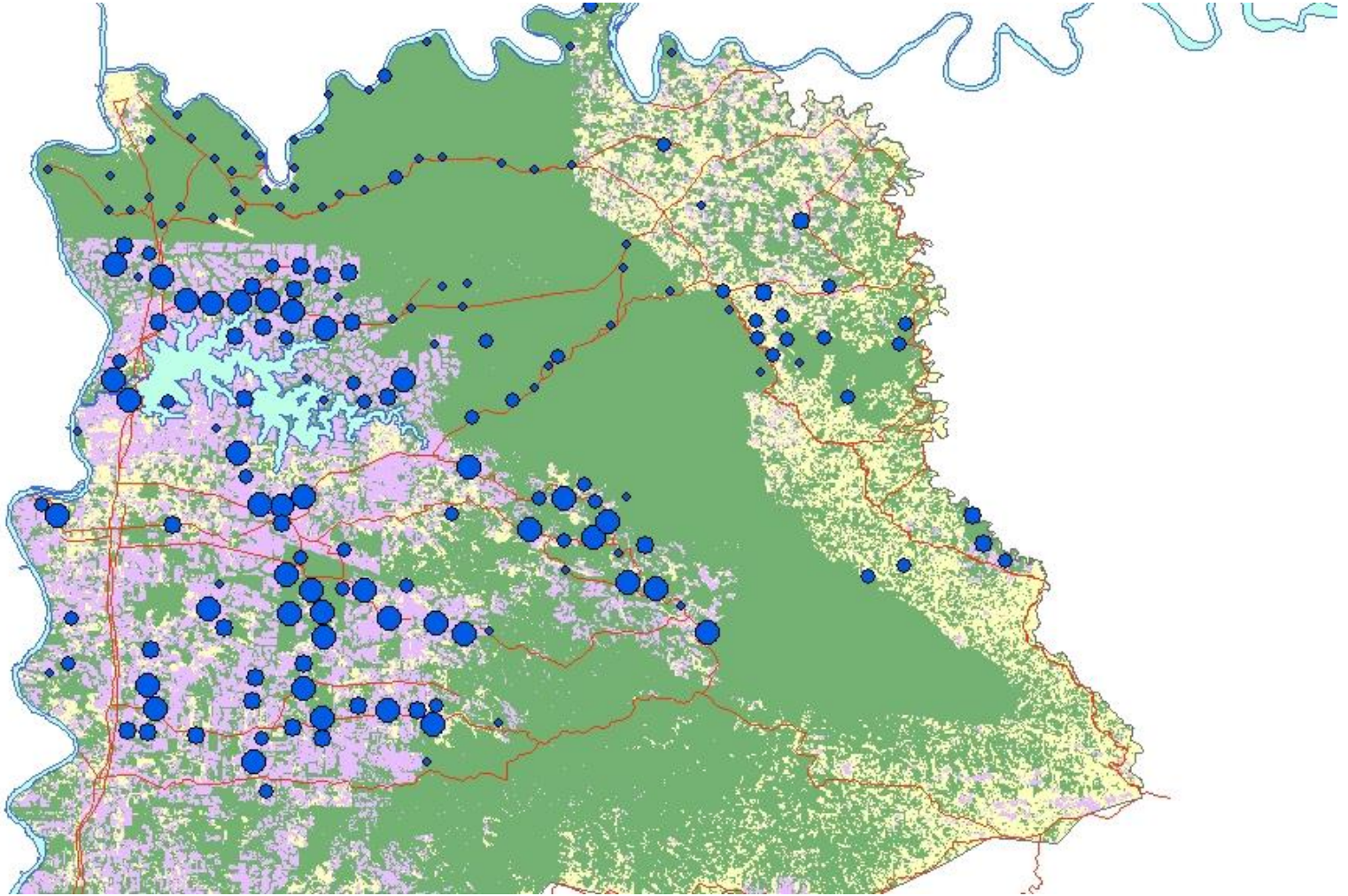
- Modelos que incluyeron las siguientes covariables:
- Detectabilidad:
 - Densidad de vegetación del sotobosque (0-2m).
- Ocupación:
 - Tratamiento.
 - Estructura de la vegetación (independ. del tratamiento).
 - Accesibilidad.
 - Distancia a bosque continuo.
 - Porcentaje de bosque en radio de 2 km.

Modelo de ocupación – Zorro de monte

- Las variables que afectaron la ocupación fueron:
 - Tratamiento:
Plantación >
Fragmento >
Bosque.
 - Estructura de la vegetación.



Ocupación -Zorro de monte

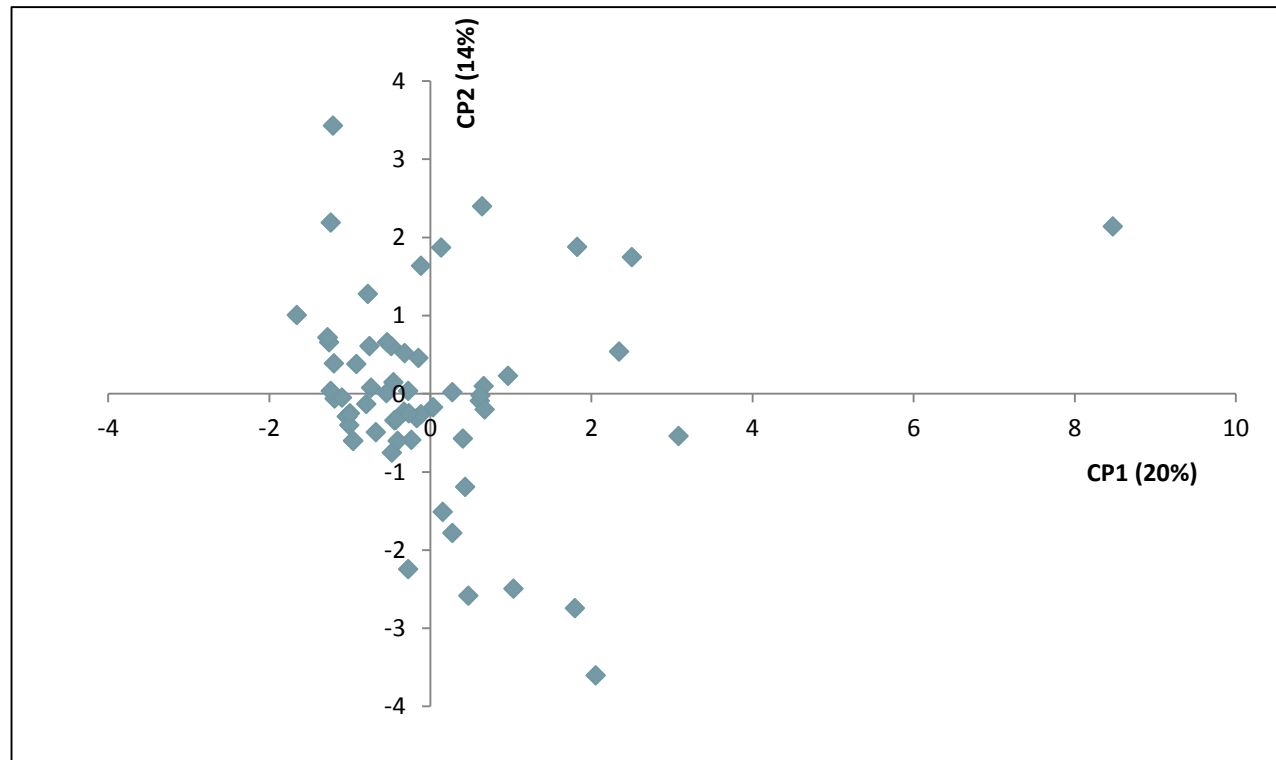


El tamaño de los círculos es proporcional a la probabilidad de ocupación estimada según el modelo promedio

Ordenamiento del ensamble (PCA) solo plantaciones

- Realizamos un Análisis de Componentes Principales (PCA) con aquellas especies de mamíferos registradas en >10% de las estaciones de plantaciones.
- Las tasas de registros fueron estandarizadas a unidades de desviación estándar.

Composición del ensamble en plantaciones - PCA

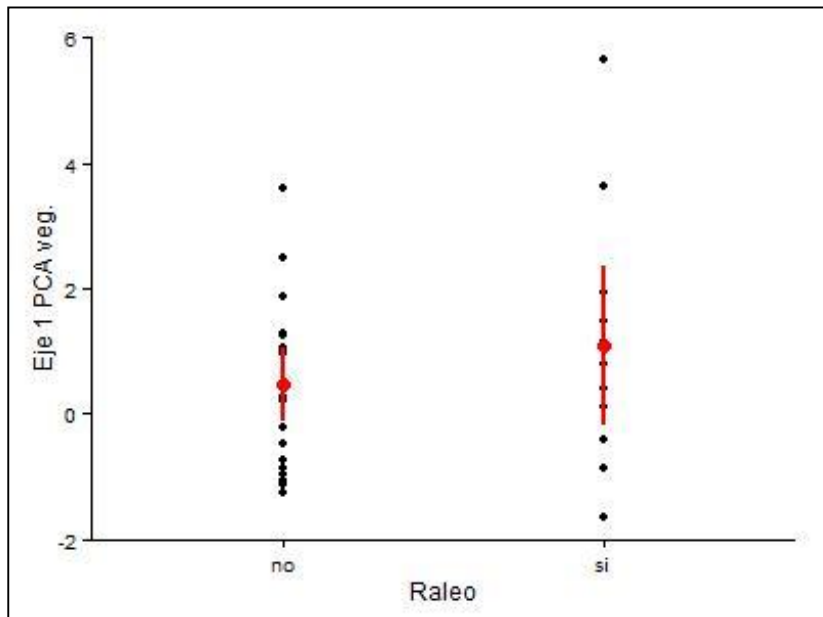


GLM – PCA eje 1 Plantaciones

- Utilizamos GLM; modelo con una distribución Gaussiana.
- Usamos criterio de información de Akaike rankeando los modelos según $\Delta AICc$ y usando “model averaging” para evaluar el peso relativo de las variables.
- Cuatro variables predictoras:
 - 1) **Accesibilidad**
 - 2) **Distancia al bloque de bosque** continuo
 - 3) **Porcentaje de bosque** en un radio de 2km
 - 4) **Estructura de la vegetación** (valores del eje 1 de un PCA). Variable muy correlacionada a la edad de la plantación.

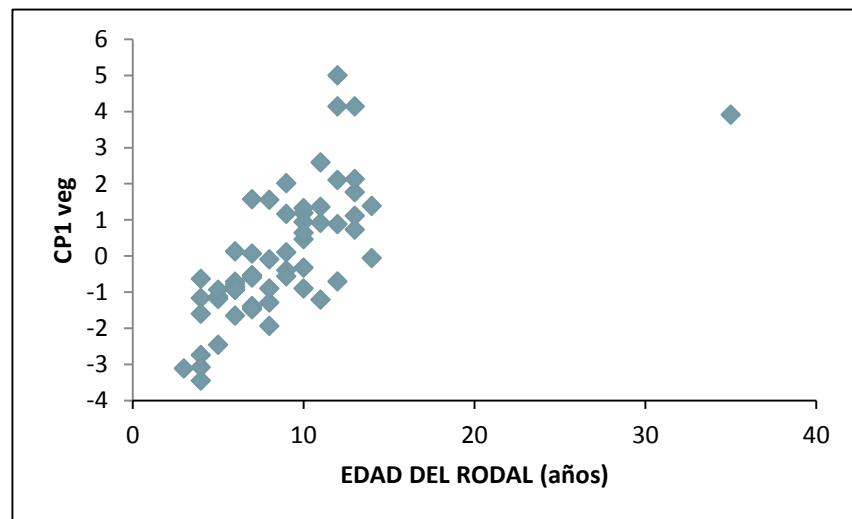
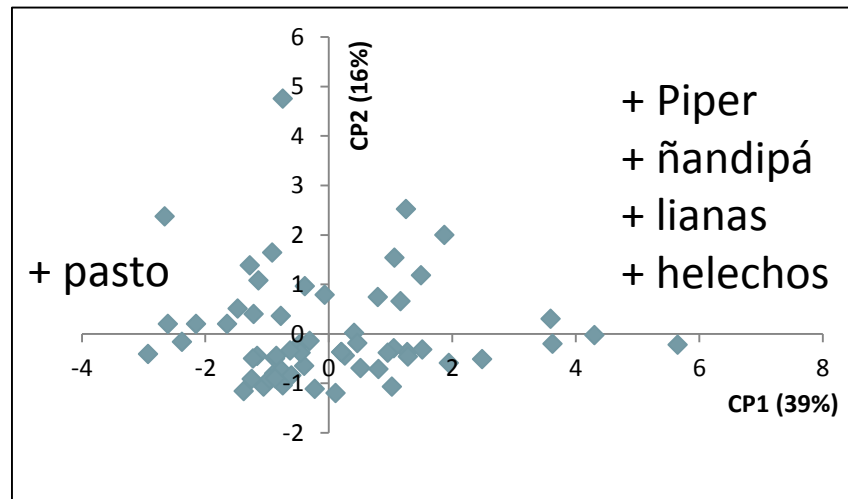
Realizamos los análisis con R 3.1.2

Vegetación en plantaciones



Raleo	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máy
no	CP	21	0.48	1.3	-1.28	3.59
si	CP	12	1.09	1.98	-1.65	5.65

Solo pinares de > 8 años



Coef de Spearman: 0.64, $p < 0.0001$

GLM – PCA eje 1 Plantaciones

Modelo	N° par.	$\Delta AICc$	Weight
Distancia + %Bosque + Acces.	5	0	0.44
Distancia + %Bosque	4	2.25	0.144

Variable	Importancia	β	CI inf.	CI sup.
Intercepción		1.41E+00	2.19E-01	2.60E+00
% Bosque	1	4.22E-02	2.38E-02	6.06E-02
Dist. a bosque	0.77	-4.75E-05	-9.19E-05	-3.07E-06
Accesibilidad	0.68	-6.84E-01	-1.40E+00	3.15E-02
Vegetación	0.24	1.80E-02	-1.82E-01	2.18E-01

GLM – Mamíferos en de Plantaciones

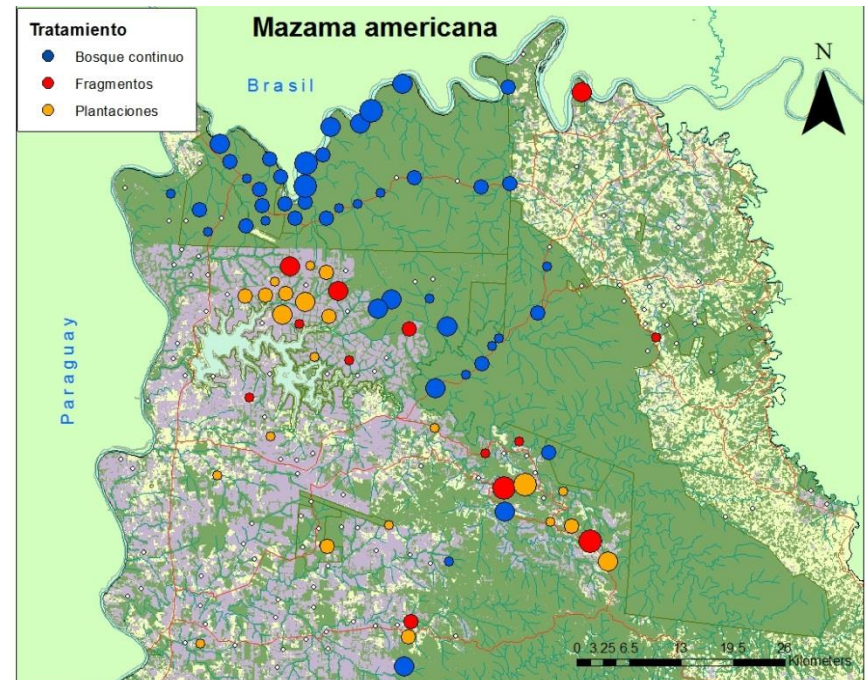
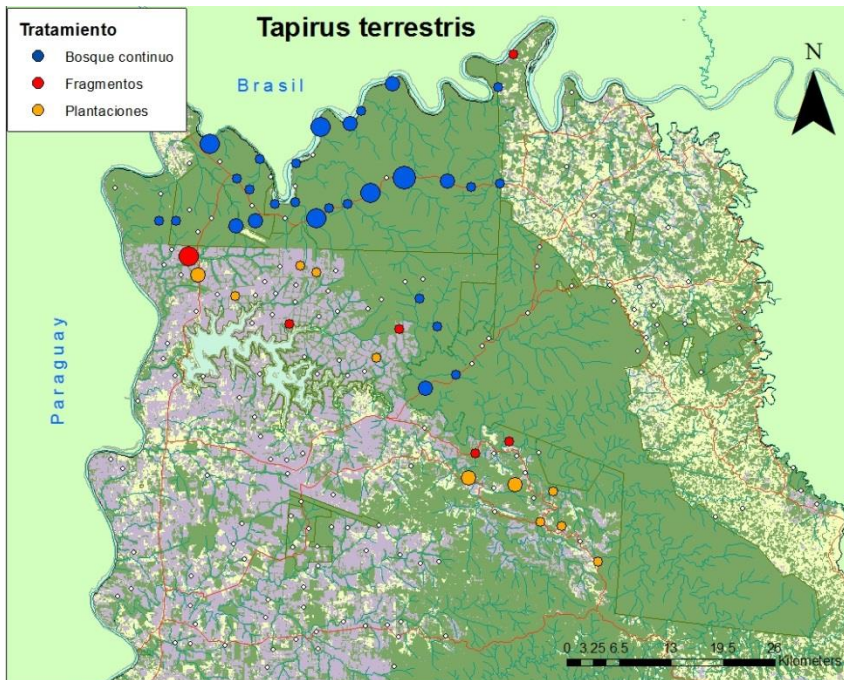
- Variable respuesta = frecuencia de registros
- Modelo de distribución binomial negativa con un offset que representa el esfuerzo de muestreo.
- Usamos criterio de información de Akaike rankeando los modelos según $\Delta AICc$ y usando “model averaging” para evaluar el peso relativo de las variables.
- Cuatro variables predictoras:
 - 1) **Accesibilidad**
 - 2) **Distancia al bloque de bosque** continuo
 - 3) **Porcentaje de bosque** en un radio de 2 km
 - 4) **Estructura de la vegetación** (valores del eje 1 de un PCA). Variable muy correlacionada a la edad de la plantación.

Realizamos los análisis con R 3.1.2

¿Qué afecta a la presencia de las especies dentro de las plantaciones?

Especie	Nomb. cient.	Distancia	%Bos	Acces.	Veg
Pardo	<i>M. americana</i>	-	ns	ns	ns
Tapir	<i>Tapirus terrestris</i>	-	ns	ns	ns
Tirica	<i>Leopardus tigrinus</i>	ns	+	ns	ns
Pecarí collar	<i>Pecari tajacu</i>	ns	+	ns	ns
Zorro	<i>Cerdocyon thous</i>	ns	+	-	ns
Poca	<i>M. nana</i>	ns	ns	ns	-
Guazuncho	<i>M. gouazoubira</i>	ns	ns	ns	-
Coatí	<i>Nasua nasua</i>	ns	ns	ns	ns
Tapetí	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	ns	ns	ns	ns
Tatú	<i>Dasypus novemcinctus</i>	ns	ns	ns	ns
Hurón mayor	<i>Eira barbara</i>	ns	ns	ns	ns

Efecto de la distancia a los bloques de bosque en el tapir y el pardo



¿Qué afecta a la presencia de las especies dentro de las plantaciones?

Especie	Nomb. cient.	Distancia	%Bos	Acces.	Veg
Pardo	<i>M. americana</i>	-	ns	ns	ns
Tapir	<i>Tapirus terrestris</i>	-	ns	ns	ns
Tirica	<i>Leopardus tigrinus</i>	ns	+	ns	ns
Pecarí collar	<i>Pecari tajacu</i>	ns	+	ns	ns
Zorro	<i>Cerdocyon thous</i>	ns	+	-	ns
Poca	<i>M. nana</i>	ns	ns	ns	-
Guazuncho	<i>M. gouazoubira</i>	ns	ns	ns	-
Coatí	<i>Nasua nasua</i>	ns	ns	ns	ns
Tapetí	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	ns	ns	ns	ns
Tatú	<i>Dasypus novemcinctus</i>	ns	ns	ns	ns
Hurón mayor	<i>Eira barbara</i>	ns	ns	ns	ns

¿Qué afecta a la presencia de las especies dentro de las plantaciones?

Especie	Nomb. cient.	Distancia	%Bos	Acces.	Veg
Pardo	<i>M. americana</i>	-	ns	ns	ns
Tapir	<i>Tapirus terrestris</i>	-	ns	ns	ns
Tirica	<i>Leopardus tigrinus</i>	ns	+	ns	ns
Pecarí collar	<i>Pecari tajacu</i>	ns	+	ns	ns
Zorro	<i>Cerdocyon thous</i>	ns	+	-	ns
Poca	<i>M. nana</i>	ns	ns	ns	-
Guazuncho	<i>M. gouazoubira</i>	ns	ns	ns	-
Coatí	<i>Nasua nasua</i>	ns	ns	ns	ns
Tapetí	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	ns	ns	ns	ns
Tatú	<i>Dasypus novemcinctus</i>	ns	ns	ns	ns
Hurón mayor	<i>Eira barbara</i>	ns	ns	ns	ns

¿Qué afecta a la presencia de las especies dentro de las plantaciones?

Especie	Nomb. cient.	Distancia	%Bos	Acces.	Veg
Pardo	<i>M. americana</i>	-	ns	ns	ns
Tapir	<i>Tapirus terrestris</i>	-	ns	ns	ns
Tirica	<i>Leopardus tigrinus</i>	ns	+	ns	ns
Pecarí collar	<i>Pecari tajacu</i>	ns	+	ns	ns
Zorro	<i>Cerdocyon thous</i>	ns	+	-	ns
Poca	<i>M. nana</i>	ns	ns	ns	-
Guazuncho	<i>M. gouazoubira</i>	ns	ns	ns	-
Coatí	<i>Nasua nasua</i>	ns	ns	ns	ns
Tapetí	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	ns	ns	ns	ns
Tatú	<i>Dasypus novemcinctus</i>	ns	ns	ns	ns
Hurón mayor	<i>Eira barbara</i>	ns	ns	ns	ns

Conclusiones

- Riqueza
 - La riqueza de especies es mucho menor en los rodales de **plantaciones** de pinos que en otros elementos del paisaje.
 - Los **fragmentos** de bosque nativo inmersos en las plantaciones mantienen mayor riqueza, similar a la del bosque continuo.
 - La **accesibilidad** y la **distancia** al bosque continuo, en menor medida, también afectan la riqueza de mamíferos.

Conclusiones

- Composición
 - La estructura de la vegetación, el costo de acceso (=caza), y el tratamiento (plantación) afectan la composición y estructura del ensamble de mamíferos nativos.
 - Especies especialmente afectadas negativamente por una simplificación de la vegetación, la accesibilidad y la presencia de pinos son: agutí, comadreja de orejas negras, tapir, paca, ocelote, pardo y pecarí de collar.

Conclusiones

- Composición



- Unas pocas especies se ven beneficiadas, o al menos no afectadas, por la conversión parcial del bosque a plantaciones forestales: el zorro de monte, el tapetí y el guazuncho, especies de baja preocupación o incluso “exóticas”.

Conclusiones

- El paisaje mantiene una alta diversidad de especies: 32 mamíferos registrados.
- Esta diversidad depende de la integridad del macizo continuo de bosque compuesto por Parque Nacional Iguazú, áreas protegidas provinciales y privadas.
- En las plantaciones, la abundancia de varias especies es mayor en rodales cercanos a este macizo o en áreas con mayor porcentaje de bosque nativo.

Recomendaciones

- Efecto de la accesibilidad: **Mejorar controles de cacería.**
- Efecto de la estructura de la vegetación: Importante **mantener vegetación nativa** en plantaciones (raleo, árboles nativos, fragmentos y fajas).
- Estructura = edad del rodal: **promover un patrón aleatorio de las edades de los rodales** evitando el efecto de agregación existente actualmente.

Agregación coetánea de plantaciones



© 2015 Google

Image © 2015 DigitalGlobe
Image © 2015 CNES / Astrium

Google earth



Muchas Gracias!!



2013-10-08 1:31:52 PM M 3/3

0 23°C



CB02-08

RECONYX