

Diseño de una Red de Áreas Protegidas en la Amazonía Nororiental Ecuatoriana: uso combinado de los sistemas de información geográfica y los análisis de viabilidad poblacionales

Reserve Network Design in the Northeastern Ecuadorian Amazon: combined use of geographic information systems and population viability analysis

Galo Zapata Ríos¹ y James Dyer²

¹Department of Environmental Studies, ²Department of Geography, Ohio University, Athens – OH 45701, USA, e-mail: gz346693@ohiou.edu

Resumen

Esta investigación evalúa la efectividad de dos áreas protegidas de la Amazonía nororiental ecuatoriana (Reserva de Producción Faunística Cuyabeno y Parque Nacional Yasuní) en conservar poblaciones de vida silvestre a largo plazo. Actualmente no existe un método que determine la eficiencia de un área protegida basado únicamente en las características ecológicas de la misma por lo que se escogieron cinco especies de mamíferos grandes como especies indicadoras (*Myrmecophaga tridactyla*, *Ateles belzebuth*, *Alouatta seniculus*, *Panthera onca*, y *Tapirus terrestris*). La metodología combinó sensores remotos, sistemas de información geográfica y análisis de viabilidad poblacionales para estimar la capacidad de carga actual de las áreas protegidas y la probabilidad de extinción de las especies indicadoras durante los próximos cien años. Los resultados sugieren que individualmente tanto Cuyabeno como Yasuní no pueden ser consideradas eficientes ya que no protegen, bajo las condiciones de manejo actuales, poblaciones mínimas viables. La probabilidad de supervivencia es mayor si es que se permite migración y flujo genético entre las dos áreas. Finalmente, una red de reservas fue diseñada uniendo Cuyabeno y Yasuní con un corredor biológico para incrementar el potencial de conservación de estas dos áreas.

Palabras clave: sistemas de información geográfica, sensores remotos, análisis de viabilidad poblacional, corredor biológico, red de reservas.

Summary

This research evaluates the effectiveness of two protected areas of the northeastern Ecuadorian Amazon (Cuyabeno Fauna Production Reserve and Yasuní National Park) in protecting wildlife populations in the long-term. Because, currently, there are no methods to determine the efficiency of protected areas with reference only to ecosystem characteristics, five large mammal species were chosen as indicator species (*Myrmecophaga tridactyla*, *Ateles belzebuth*, *Alouatta seniculus*, *Panthera onca*, and *Tapirus terrestris*). The methodology combined remote sensing, geographic information systems, and population viability analysis in order to estimate the current carrying capacity of the protected areas and the extinction probability of the indicator species during the next one hundred years. The results suggest that individually Cuyabeno and Yasuní cannot be considered efficient because, under current management conditions, they do not protect minimum viable populations. Persistence probability is higher if migration and gene flow are allowed between the protected areas. Finally, a reserve network joining Cuyabeno and Yasuní with a biological corridor was designed to increase the conservation potential of both areas.

Key Words: geographic information systems, remote sensing, population viability analysis, biological corridor, reserve network.

Introducción

Muchas áreas protegidas han sido creadas para la protección de especies. Sin embargo, designar hábitats como áreas protegidas no es suficiente para parar la destrucción de los bosques y la extinción de las especies. En el contexto del crecimiento poblacional humano y de la presión del cada vez más creciente desarrollo, las áreas protegidas no están conservando poblaciones de vida silvestre, a largo plazo, dentro de sus límites (Redford & Robinson 1991; Peres & Terborgh 1995; Bruner et al. 2001). Si es que las áreas protegidas no están funcionando adecuadamente a pesar de los esfuerzos de conservación actuales, se deben buscar mejores opciones para la protección de la vida silvestre. Una de estas opciones es el diseño y creación de redes de reservas. Éstas aprovechan las áreas protegidas existentes, uniéndolas con corredores biológicos de forma que el potencial de conservación de cada reserva individual se ve incrementado (Noss & Cooperrider 1994). El objetivo de este estudio es evaluar la eficiencia de dos áreas protegidas de la Amazonía nororiental ecuatoriana, el Parque Nacional Yasuní y la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, y diseñar una red de reservas que una estas dos áreas protegidas para asegurar la protección de vida silvestre a largo plazo.

Métodos

Se utilizó un mosaico de cuatro imágenes Landsat-5 TM (World Reference System: path 9 row 60 –Oct., 1996–, path 9 row 61 –Sep., 1995–, path 8 row 60 –Dic., 1996–, y path 8 row 61 –Feb., 1996–) para cubrir el área de estudio en su totalidad. Las imágenes se utilizaron para clasificar la cobertura vegetal y el uso del suelo en el área de estudio, para digitalizar los límites de las áreas protegidas y para estimar el área de hábitat disponible para las poblaciones de vida silvestre dentro de las reservas. Una vez que las imágenes fueron clasificadas, se estimó la capacidad de carga, de ambos parques, para cinco especies indicadoras: el oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*), el mono araña de vientre blanco (*Ateles belzebuth*) el cual se distribuye únicamente en Yasuní, el mono aullador rojo (*Alouatta seniculus*), el jaguar (*Panthera onca*), y el tapir amazónico (*Tapirus terrestris*).

Utilizando la información obtenida del análisis de las imágenes satelitarias y las características biológicas y ecológicas de las especies indicadoras, obtenidas de fuentes bibliográficas, se realizó un análisis de viabilidad poblacional (PVA, por sus siglas en Inglés). La dinámica poblacional de las especies indicadoras fue modelada utilizando la simulación VORTEX, versión 8.41 (Miller & Lacy 1999; Lacy 2000). Para cada especie indicadora, el PVA incluyó simulaciones en cinco escenarios hipotéticos diferentes: a) simulación de causas aleatorias de extinción de una población única en Cuyabeno, b) simulación aleatoria de una población única en Yasuní, c) simulación de causas aleatorias y determinísticas de extinción de una población única en Cuyabeno, d) simulación aleatoria y determinística de una población única en Yasuní, y e) simulación aleatoria y determinística de una metapoblación hipotética en una red de reservas que une Cuyabeno con Yasuní (C-Y Network). Para cada especie indicadora el marco temporal del PVA fue de cien años y cada simulación fue repetida mil veces para estimar la probabilidad de extinción. Se consideró una población mínima viable la que tuviera una probabilidad de extinción menor a 0.01 dentro de los cien años. En las simulaciones determinísticas, el efecto de la reducción de capacidad de carga en los parques por causa de la pérdida anual de hábitat (obtenida del análisis de imágenes satelitarias) se incluyó en el modelo.

Resultados

De acuerdo a los resultados del PVA (Tabla 1), ninguna de las dos áreas protegidas están protegiendo poblaciones mínimas viables para todas las especies indicadoras. Cuyabeno únicamente mantiene poblaciones mínimas viables de monos aulladores y Yasuní no protege poblaciones de jaguar. Los resultados sugieren que, bajo condiciones de manejo actuales, las poblaciones de osos hormigueros, jaguares y tapires tienen una probabilidad de extinción alta en Cuyabeno y no cumplen con la condición mínima ($p < 0.01$) para ser consideradas poblaciones mínimas viables. El mono araña, la única especie que no se distribuye en las dos áreas protegidas, cumple con el standard de población mínima viable aunque la tasa de crecimiento poblacional es negativa (Tabla 1). En el caso del jaguar y el tapir la tasa de crecimiento poblacional es negativa incluso en la simulación metapoblacional lo que sugiere que en simulaciones de más de cien años estas especies podrían extinguirse localmente. Existe una fuerte tendencia de las poblaciones a disminuir drásticamente su tamaño cuando cambios en la capacidad de carga causada por la destrucción del hábitat se incluyen en el modelo (Figura 1). Los resultados también sugieren que una estructura metapoblacional dentro de una red de reservas tendría un efecto positivo en la supervivencia de las poblaciones de especies indicadoras (Figura 2).

La creación de nuevas áreas protegidas es un proceso cada vez más difícil por lo que la creación de redes de reservas se ha constituido en una opción viable para asegurar la protección de la vida silvestre a largo plazo. El objetivo final de este estudio fue diseñar una red de reservas que una Cuyabeno con Yasuní. La Figura 3 presenta este diseño.

Discusión y Conclusiones

En el área de estudio, los factores principales que determinan la persistencia a largo plazo de las poblaciones silvestres están bajo la influencia de actividades humanas (destrucción del hábitat y la creación de una red de reservas que permita flujo genético y migración). Las áreas protegidas, tomando en cuenta las tendencias actuales de pérdida del hábitat, probablemente no podrán mantener las poblaciones de las especies indicadoras durante los próximos cien años (especialmente si no se permite migración entre las dos reservas).

La sensibilidad del modelo a la reducción en la capacidad de carga debida a la destrucción del hábitat indica claramente que la persistencia de las poblaciones en el área de estudio no depende del tamaño de las áreas protegidas sino mas bien del nivel y eficacia en el manejo y protección de éstas. De todas maneras, la cantidad y calidad del hábitat es un factor importante en la viabilidad a largo plazo de las poblaciones indicadoras en el área de estudio durante los próximos cien años. La importancia de este factor es apoyada no solo por otros modelos y simulaciones (Dale et al. 1994; Cuarón 2000) sino también por estudios empíricos en otras partes de la Amazonía y el Neotrópico (Ferrari & Diego 1995; Estrada & Coates-Estrada 1996; Chiarello 1999, 2000).

Los resultados también sugieren que el nivel de conectividad es un importante parámetro para evaluar la persistencia a largo plazo de las poblaciones de vida silvestre. Sin el influjo de nuevos individuos desde áreas fuera de los límites administrativos de las áreas protegidas, especies de reproducción lenta como osos hormigueros gigantes, monos araña, jaguares y tapires, podrían extinguirse localmente, especialmente si existen en juego fuerzas determinísticas de extinción en constante aumento (e.g. cacería, deforestación). La importancia de la conectividad de hábitats en la persistencia de las especies ha sido también demostrada para otras especies de mamíferos (Beier 1993; Swenor et al. 1999; Carrillo et al. 2000; Escamilla et al. 2000).

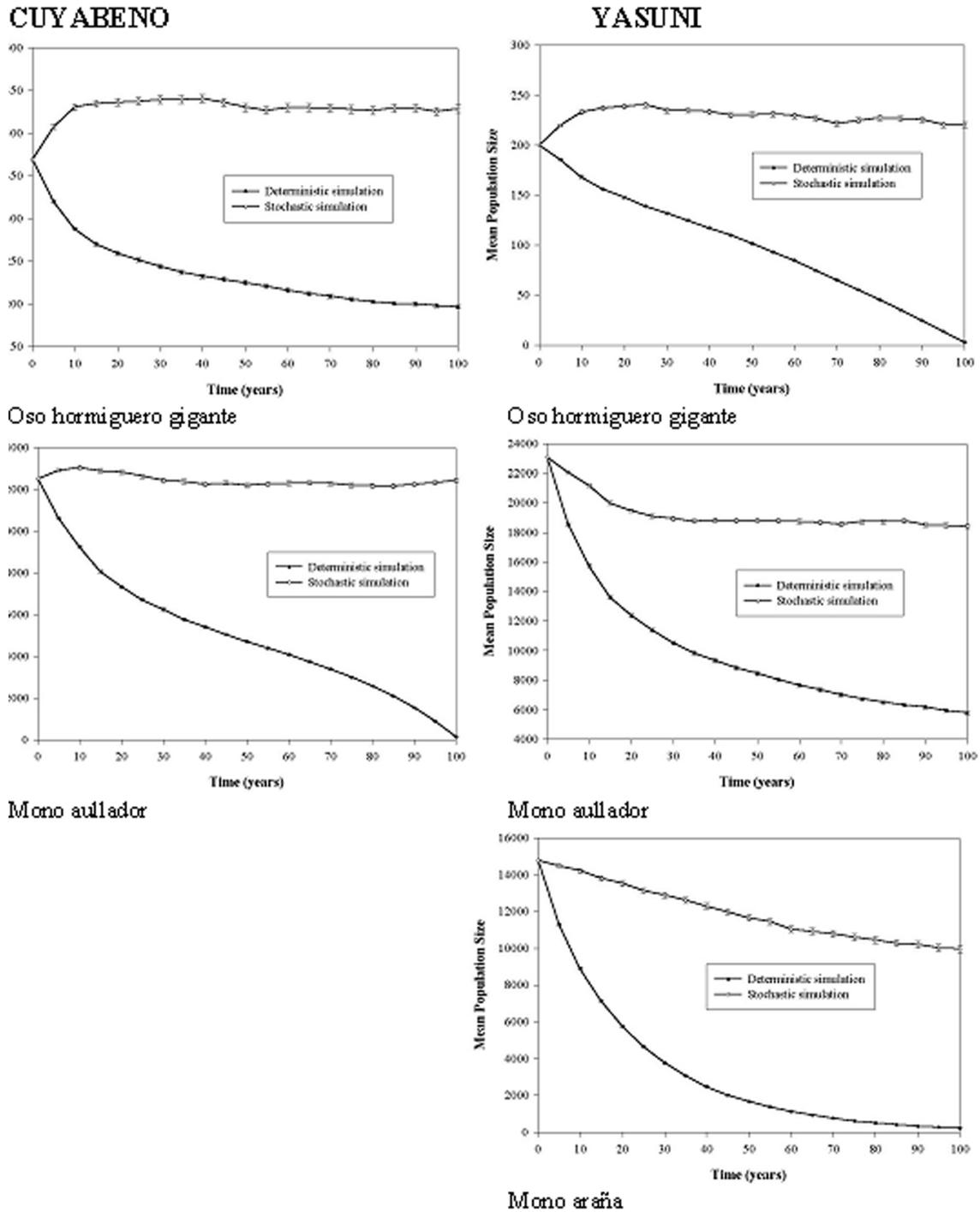
Los resultados de este estudio presentan información sobre la probabilidad de extinción de cinco especies indicadoras con base en varias presunciones acerca de su biología y status actual en dos áreas protegidas de la Amazonía nororiental ecuatoriana. Sin embargo, no es posible predecir con

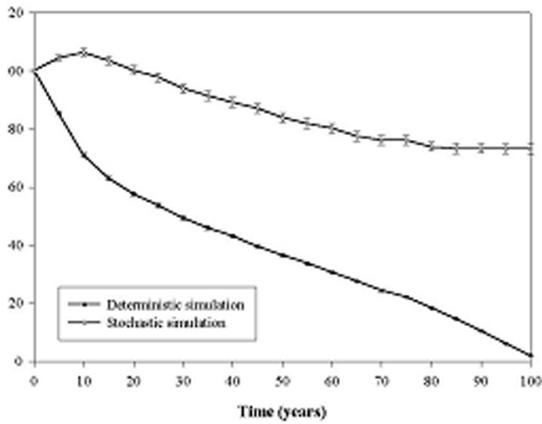
certeza el futuro de estas poblaciones. Esta limitación tiene importantes implicaciones cuando de desarrollar estrategias de conservación se trata. No es posible formular e implementar recomendaciones que garanticen la supervivencia de ninguna de las poblaciones, solamente es posible formular e implementar recomendaciones que disminuyan la probabilidad de extinción de éstas durante un determinado período de tiempo. Esta situación requiere un constante monitoreo de las poblaciones en un marco de manejo adaptativo. Esto permitirá una constante retroalimentación de las acciones de manejo produciendo mejores y más efectivos programas de conservación y manejo.

Agradecimientos

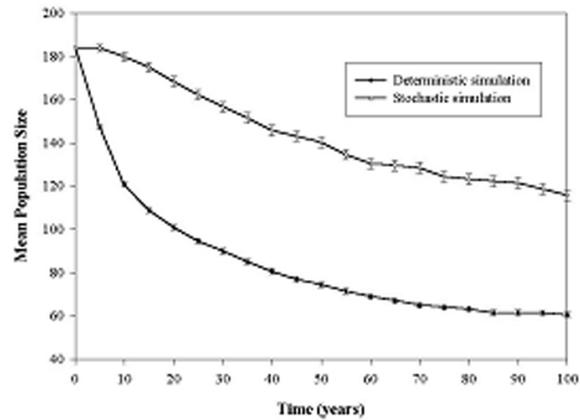
Este estudio fue financiado en parte por un fondo de investigación del programa Fulbright de la Cuenca Amazónica y por el Departamento de Estudios Ambientales de Ohio University. El estudio no hubiera podido llevarse a cabo sin la generosa ayuda de Wini Schmidt y Humbertus Peters del Proyecto Petramaz de la Unión Europea (ECU/B7-3010/94/130) quienes proporcionaron las imágenes Landsat y la información cartográfica del área de estudio. El manuscrito se vio mejorado por los comentarios de Donald Miles y James Lein.

Figura 1. Comparación de simulaciones aleatorias y determinísticas en Cuyabeno y Yasuní (el mono araña solo se distribuye en Yasuní).

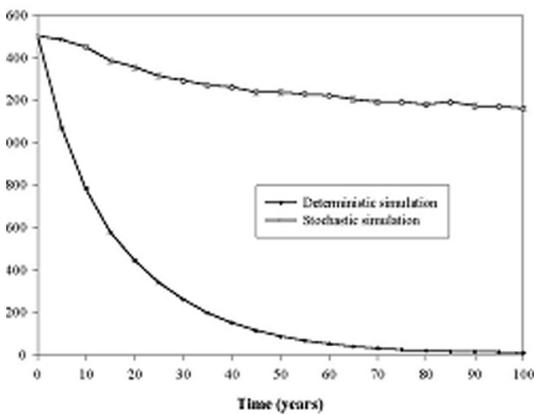




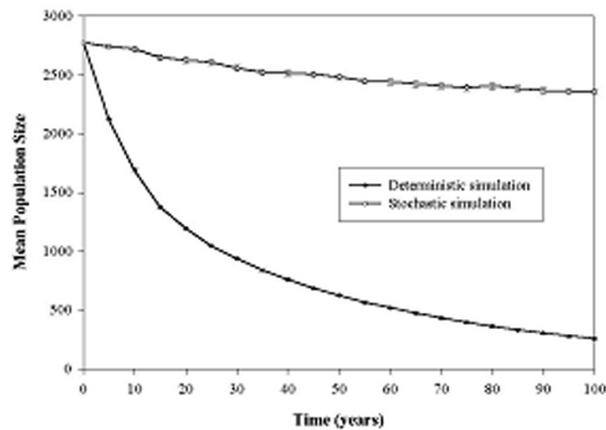
Jaguar



Jaguar



Tapir



Tapir

Bibliografía

- Beier, P. 1993. Determining minimum habitat areas and habitat corridors for cougars. *Conservation Biology* **7**(1): 94-108.
- Bruner, A.G., R.E. Gullison, R.E. Rice & G.A.B. da Fonseca. 2001. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science* **291**: 125-128.
- Carrillo, E., G. Wong & A.D. Cuarón. 2000. Monitoring mammal populations in Costa Rican protected areas under different hunting restrictions. *Conservation Biology* **14**(6): 1580- 1591.
- Chiarello, A.G. 1999. Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in southeastern Brazil. *Biological Conservation* **89**(1): 71-82.
- Chiarello, A.G. 2000. Density and population size of mammals in remnants of Brazilian Atlantic forest. *Conservation Biology* **14**(6): 1649-1657.
- Cuarón, A.D. 2000. Effects of land-cover changes on mammals in a Neotropical region: a modeling approach. *Conservation Biology* **14**(6): 1676-1692.
- Dale, V.H., S.M. Pearson, H.L. Offerman & R.V. O'Neill. 1994. Relating patterns of land-use change to faunal biodiversity in the Central Amazon. *Conservation Biology* **8**(4): 1027-1036.
- Escamilla, A., M. Sanvicente, M. Sosa & C. Galindo-Leal. 2000. Habitat mosaic, wildlife availability, and hunting in the tropical forest of Calakmul, Mexico. *Conservation Biology* **14**(6): 1592-1601.

- Estrada, A. & R. Coates-Estrada. 1996. Tropical rainforest fragmentation and wild populations of primates at Los Tuxtlas, Mexico. *International Journal of Primatology* **17(5)**: 759-783.
- Ferrari, S.F. & V.H. Diego. 1995. Habitat fragmentation and primate conservation in the Atlantic forest of eastern Minas Gerais, Brazil. *Oryx* **29(3)**: 192-196.
- Lacy, R.C. 2000. Structure of the VORTEX simulation model for population viability analysis. *Ecological Bulletins* **48**: 191-203.
- Miller, P.S. & R.C. Lacy. 1999. *VORTEX: a stochastic simulation of the extinction process*. Version 8 User's Manual. Conservation Breeding Specialist Group. Apple Valley, MN. 125 pp.
- Noss, R.F. & A.Y. Cooperrider. 1994. *Saving Nature's Legacy: protecting and restoring biodiversity*. Island Press. Washington. 416 pp.
- Peres, C.A. & J.W. Terborgh. 1995. Amazonian nature reserves: an analysis of the defensibility status of existing conservation units and design criteria for the future. *Conservation Biology* **9(1)**: 34-46.
- Redford, K.H. & J.G. Robinson. 1991. Park size and the conservation of forest mammals in Latin America. Pp. 227-234 en: M.A. Mares & D.J. Schmidly (eds.). *Latin American Mammalogy: history, biodiversity, and conservation*. University of Oklahoma Press. Norman. 468 pp.
- Sweanor, L.L., K.A. Logan & M.G. Hornocker. 1999. Cougar dispersal patterns, metapopulation dynamics, and conservation. *Conservation Biology* **14(3)**: 798-808.

Tabla 1. Resultados del Análisis de Viabilidad Poblacional.

Species / PVA results	Cuyabeno	Yasuní	C-Y Network
Giant Anteater			
Extinction probability	0.89 (0.0098 SE)	0.008 (0.0028 SE)	0.00 (0.00 SE)
Persistence probability	0.11 (0.0098 SE)	0.992 (0.0028 SE)	1.00 (0.00 SE)
Mean t first extinction (yrs)	92.58 (0.32 SE)	74.25 (6.25 SE)	-----
Mean growth rate	-0.0018 (0.0004 SE)	-0.0017 (0.0004 SE)	0.0012 (0.0003 SE)
Spider Monkey			
Extinction probability	-----	0.001 (0.001 SE)	-----
Persistence probability	-----	0.999 (0.001 SE)	-----
Mean t first extinction (yrs)	-----	99 (0.00 SE)	-----
Mean growth rate	-----	-0.0457 (0.0003 SE)	-----
Howler Monkey			
Extinction probability	0.00 (0.00 SE)	0.00 (0.00 SE)	0.00 (0.00 SE)
Persistence probability	1.00 (0.00 SE)	1.00 (0.00 SE)	1.00 (0.00 SE)
Mean t first extinction (yrs)	-----	-----	-----
Mean growth rate	-0.0135 (0.0003 SE)	-0.0154 (0.0003 SE)	0.0034 (0.0002 SE)
Jaguar			
Extinction probability	0.952 (0.0068 SE)	0.175 (0.012 SE)	0.101 (0.0095 SE)
Persistence probability	0.048 (0.0068 SE)	0.825 (0.012 SE)	0.899 (0.0095 SE)
Mean t first extinction (yrs)	85.1 (0.61 SE)	75.31 (1.23 SE)	82.09 (1.14 SE)
Mean growth rate	-0.026 (0.0006 SE)	-0.0184 (0.0005 SE)	-0.0176 (0.0004 SE)
Tapir			
Extinction probability	0.678 (0.0148 SE)	0.001 (0.001 SE)	0.00 (0.00 SE)
Persistence probability	0.322 (0.0148 SE)	0.999 (0.001 SE)	1.00 (0.00 SE)
Mean t first extinction (yrs)	82.95 (0.43 SE)	100 (0.00 SE)	-----
Mean growth rate	-0.0692 (0.0004 SE)	-0.0269 (0.0003 SE)	-0.0278 (0.0002 SE)

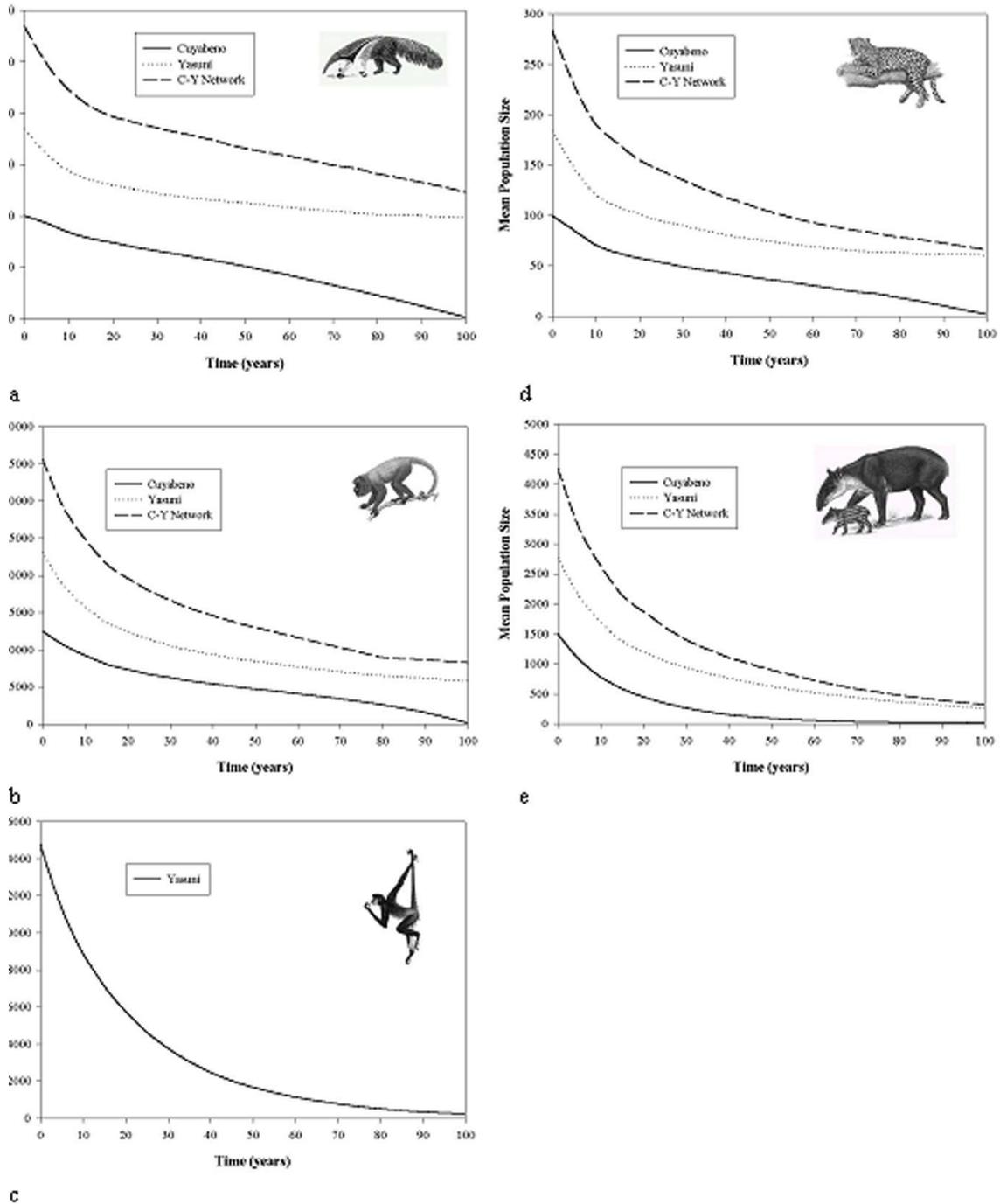


Figura 2. Variación en el tamaño poblacional en Cuyabeno, Yasuní y la Red de reservas; a) oso hormiguero gigante, b) mono aullador, c) mono araña, d) jaguar, y e) tapir

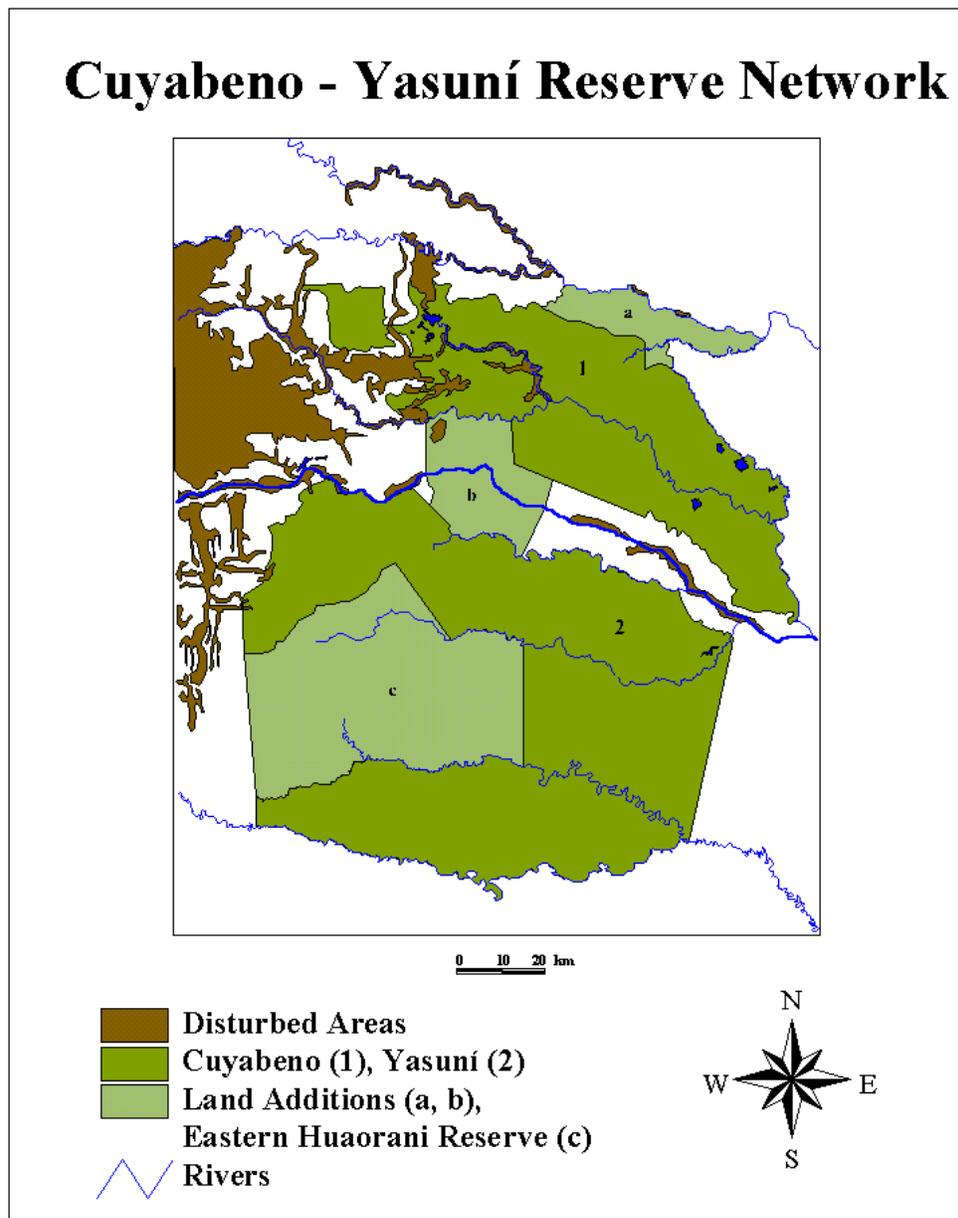


Figura 3. Diseño propuesto para la red de reservas Cuyabeno-Yasuní (el mapa presenta los límites actuales de las áreas protegidas y las adiciones de terreno necesarias).