

# HISTORIA NATURAL DEL CERRO MUTÚN: I. SÍNTESIS GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA, CLIMÁTICA Y SOCIOECONÓMICA

## NATURAL HISTORY OF THE CERRO MUTÚN I: GEOGRAPHIC, GEOPHYSICS, CLIMATE AND SOCIOECONOMIC SINTESIS

Jesus N. Pinto-Ledezma<sup>1, 2\*</sup> & Daniel Villarroel<sup>2, 3, 4</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Campus II, Goiânia, Goiás, 74001-970, Brasil. \*Email: [jesuspintoledezma@gmail.com](mailto:jesuspintoledezma@gmail.com)

<sup>2</sup> Carreras de Biología y Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Campus Universitario El Vallecito, Carretera al Norte Km 9, Casilla 702. Santa Cruz de la Sierra, Santa Cruz (SC), Bolivia.

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Botânica. Departamento de Botânica, Universidade de Brasília. Campus Darcy Ribeiro, Brasília, Distrito Federal, 70919-970, Brasil

<sup>4</sup> Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Av. Irala 565, CC. 2489, Santa Cruz de la Sierra-Bolivia.

**Resumen:** En el presente documento describimos las características geográficas, físicas, climáticas y socioeconómicas locales y regionales del Mutún, la misma que fue basada en bibliografía y bases de datos virtuales existentes de la región, y nuestras apreciaciones adquiridas durante el trabajo campo. Esta información que presentamos, es el inicio de una serie de artículos científicos que documentará la *Historia Natural del Cerro Mutún*, los cuales serán publicados en la revista *Kempffiana*. La información que compondrá esta serie de artículos, corresponde a la flora, vegetación y fauna existente en la zona, y que fue generada ante la inminente pérdida de biodiversidad que ocurrirá producto de los impactos directos e indirectos que generará el proyecto siderúrgico Mutún. Estamos seguros que la información técnica/científica que iremos presentando, podrá ser utilizada como una base para mitigar los impactos, y hacer un mejor manejo de los recursos naturales de la zona, salvaguardando así, nuestro patrimonio biológico y genético.

**Abstract:** In the present article we describe the local and regional geographic, physics, climate and socioeconomic characteristics of the Mutún region. The manuscript is based on publish literature, virtual databases and field observations. The information that we present in this manuscript, is the base and the opening of a series of scientific articles that document the *Natural History of the Cerro Mutún* and that will be published in *Kempffiana*. The information of this series of scientific articles includes the flora, vegetation and the fauna that exist in the region, and that was generated because the imminent biodiversity loss as consequence of the direct and indirect impacts of the steel Mutún project. We are confident that the technical/scientific information that we going presenting, could be used as a base to mitigate the impacts of the project and make a better management of the natural resources of the region, safeguarding our biological and genetic heritage.

## INTRODUCCIÓN

La principal motivación de haber desarrollado este compendio de trabajos articulados dentro de la serie denominada “*Historia Natural del Cerro Mutún*” es la alarmante y rápida expansión de la frontera agrícola y ganadera en las tierras bajas de Santa Cruz desde mediados del siglo 20 (Killeen *et al.*, 2008; Pinto-Ledezma & Ruiz, 2010; Pinto-Ledezma & Rivero-Mamani, 2014) y el inevitable emprendimiento minero “Mutún”, la cual modificará drásticamente el paisaje de esta región, afectando irremediablemente la diversidad biológica de la región (Villaruel *et al.*, 2009; Mano-Cuellar *et al.*, 2015).

Se espera que la información que iremos presentando en siete artículos dentro de la revista *Kempffiana*, distribuidos entre el presente volumen y los próximos, sean una herramienta técnica/científica que sienta las bases para que, la comunidad de científicos, académicos, la sociedad civil y las autoridades tomadoras de decisiones puedan utilizarla para adaptar y/o mitigar los efectos de la transformación del paisaje sobre la vida silvestre.

La información que hemos generado y presentaremos son el resultado de un extensivo trabajo de campo y laboratorio iniciado el año 2007 por investigadores de las Carreras de Biología, Ciencias Ambientales, y del Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, todas pertenecientes a la Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno. En términos generales, se presentará información sobre la diversidad de flora y fauna de vertebrados (con excepción de la fauna de peces), su estado de conservación y potenciales alternativas de manejo y conservación en distintos niveles de organización.

Las primeras obras que describieron la geofísica de la región del Mutún se encuentran documentadas en las publicaciones del Servicio Nacional de Geología y Minería de Bolivia, aunque para la región, un trabajo completo e interesante fue elaborado por PCA Ingenieros Consultores el 2008 como parte de los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental que causaría el re-inicio de las actividades mineras.

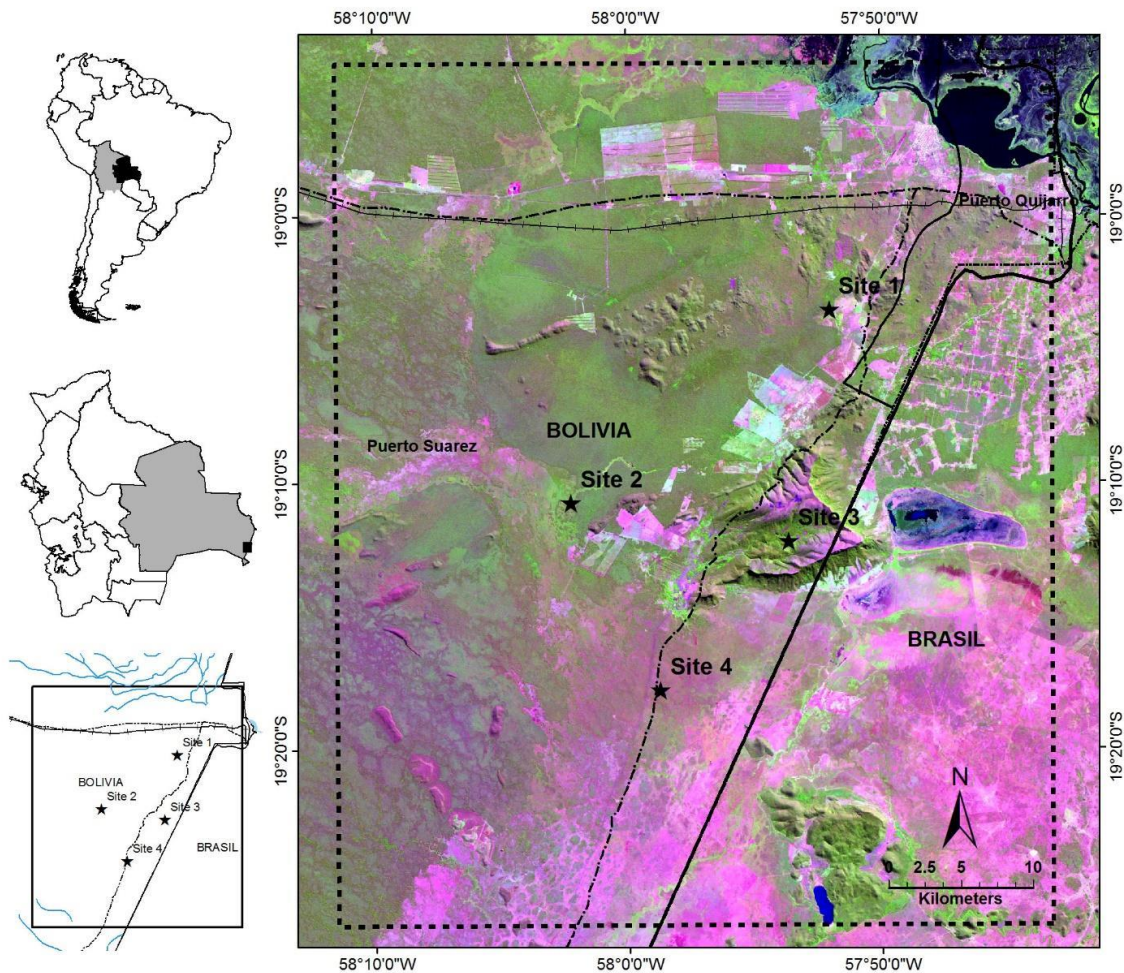
En términos de biodiversidad, la región ha sido explorada en pocas oportunidades, siendo la obra de Parker III y colegas la primera, aunque no con demasiado detalle, puesto que la misma fue enmarcada dentro un estudio mayor del Programa de Evaluación Rápida (Parker III *et al.*, 1993) de Conservación Internacional.

En específico, dentro de este artículo introductorio describimos la geografía, geología, fisiografía, el escenario ecológico general de la región del Mutún, además de resumir la información disponible sobre el clima.

## UBICACIÓN GEOGRAFICA

La región del Mutún ocupa un área extensa en la provincia Germán Busch, entre los municipios de Puerto Suarez y Puerto Quijarro al Sureste del departamento de Santa Cruz, en las tierras bajas de Bolivia (Figura 1). El denominativo de “*Mutún*” que posee la región, se debe a la pava mutún (*Crax fasciolata*), una especie de crácido que alguna vez fue abundante en la zona. Específicamente, el Cerro Mutún se localiza aproximadamente a 35 Km al Sur de la ciudad de Puerto Suarez (Figura 2b, coordenada central 19°17’S 57°56’O), y abarca una

superficie de alrededor de 120 Km<sup>2</sup>, divididas entre Bolivia y Brasil, pero con mayor proporción en nuestro país.



**Figura 1.** Ubicación de la región del Mutún. La región es representada como cuadro dentro de un contexto de América del Sur, Bolivia, y el departamento de Santa Cruz. Las estrellas indican las principales áreas de muestreo de biodiversidad.

## FISIOGRAFÍA Y GEOLOGÍA

**Fisiografía:** Fisiográficamente, la región corresponde a un paisaje de serranías, planicies y llanuras del Escudo Precámbrico, con una pequeña extensión de la llanura Chaco Beniense al Sur (Montes de Oca, 1995). Localmente, el Cerro Mutún, presenta variaciones altitudinales desde 100 a 800 m (Figura 2b) y forma parte de un grupo de cerros aislados que se elevan en la cuenca aluvial de Corumbá. Uno de estos cerros aislados es el denominado Morro de Urucúm (Brasil), en el cual actualmente se desarrollan actividades de extracción de hierro (Damasceno-Junior, 2005; Takahasi, 2010). Estas dos formaciones montañosas que se distinguen en la región presentan rocas con alto contenido de hierro y manganeso (Heuschmid & Miranda-Angles, 2000; Ribera, 2011). El Cerro Mutún al igual que el Urucúm, presenta

laderas suaves a pronunciadas con suelos poco profundos, valles con suelos profundos por la acumulación de sedimentos, y cimas amplias de pendientes suaves que tienen suelos pedregosos y superficiales. Tanto, el Cerro Mutún como el Urucúm, se constituyen en bloques tectónicamente elevados en medio de la planicie del Pantanal (Damasceno Junior, 2005).

**Geología local:** El depósito de mineral de hierro se presenta como elevaciones y planicies estructurales y erosionales de mineral de hierro bandeado remanentes de la formación del precámbrico, localizadas de 300 a 800 m sobre las tierras bajas. La formación de hierro constituye la parte superior de la serie Jacadigo (Tabla 1), formada en una cuenca sedimentaria intracontinental. La formación de hierro tiene un espesor que varía de 100 a 320 m. La oxidación secundaria con parcial lixiviación de la ganga y martización de los óxidos de hierro primarios afecta a todo el cuerpo con variados grados de severidad. El depósito de hierro del Mutún está compuesto especialmente de minerales primarios y secundarios, donde el mineral primario consiste de una mezcla de minerales que pertenecen a tres grupos principales: Óxidos de hierro, sílice (chert) y carbonatos (JINDAL-STEEL & PCA, 2008).

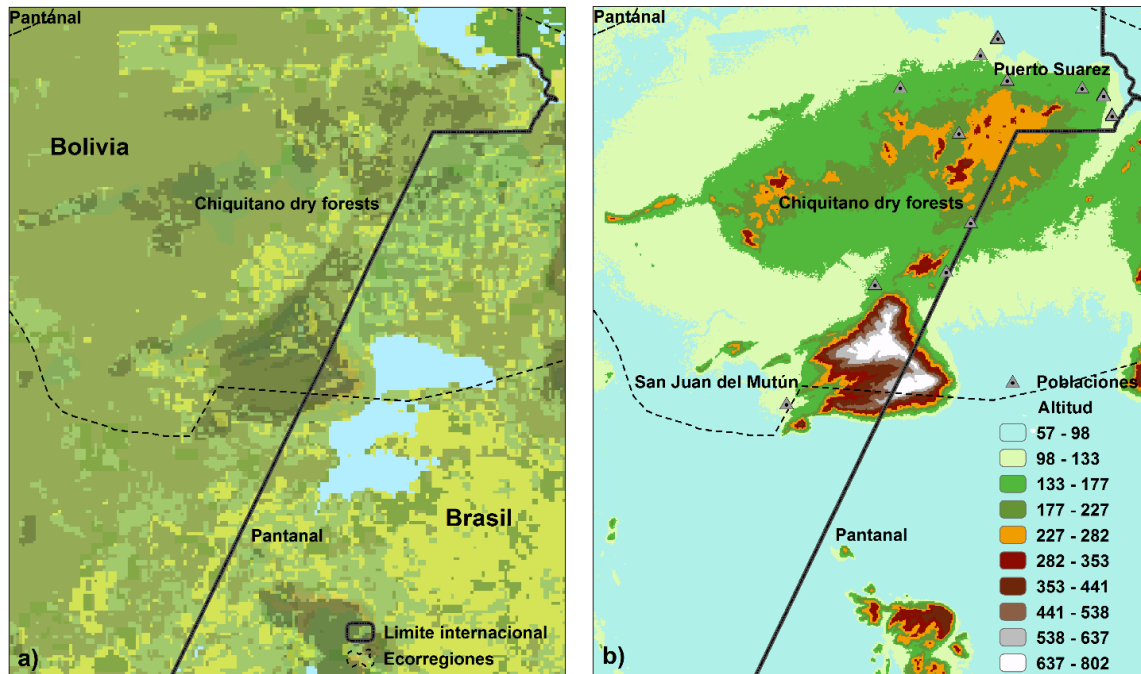
### CLIMA

El clima de la región del Mutún puede definirse como tropical estacional, es decir, con temperaturas cálidas durante mayor parte del año y con lluvias concentradas en las estaciones de primavera y verano (octubre-abril, ver figura 3). Presenta una estacionalidad muy marcada (invierno seco y verano húmedo), donde la precipitación media anual alcanza rangos de 800 a los 1100 mm, con aproximadamente 4-5 meses secos (Figura 3). La temperatura media anual de la región es de 25.3°C, con máximas de 31.2°C y mínimas de hasta 15.8°C a causa de los vientos del Sur (surazos). Debido a la presencia del Cerro Mutún, existen variaciones climáticas locales, donde la temperatura puede disminuir hasta 2°C con relación a la media anual. Como resultado de variaciones de la precipitación a escala regional y el efecto de las proximidades al Pantanal, algunas zonas próximas al Cerro Mutún se alagan temporalmente en los meses de diciembre-febrero, esto a causa de las crecidas del río Paraguay (Pinto-Ledezma *et al.*, 2014).

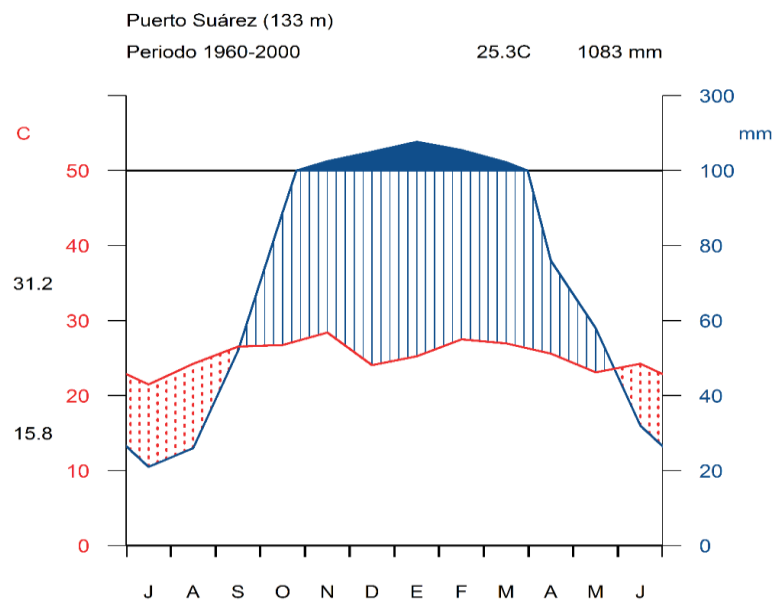
**Tabla 1.** Sucesión estratigráfica regional (JINDAL-STEEL & PCA, 2008)

| Periodo                | Serie   | Formación | Evento  | Tipo de roca  |
|------------------------|---------|-----------|---|---|
| Resiente               |         |           | Fluvial, oxidación continuada del mineral                               | Alluviun talus, suelo residual  |
| Cuaternario            |         | Pantanal  | Erosión lacustre y fluvial, escultura del paisaje oxidación del mineral | Arcillosa, Ciltítica, sedimentos semi consolidados y arena, Mineral coluvial eluvial y conglomerado (Canga) |
| Terciario y Secundario |         |           | Levantamiento y erosión prolongada                                      | Sin registro de deposición de rocas   |
| Cámbrico               | Corumbá | Vocaina   | Sedimentación Química Marina  | Calcita, Dolomita con capas finas de arcillita y Limolita   |

|                       |                         |   |  |
|-----------------------|-------------------------|---|--|
| Disconformidad        |                         |   |  |
|                       | Cerradinho              | Trasgresión Marina:<br>Sedimentación clástica y<br>química                        | Arenisca Feldespática, Calcita y<br>esquistos  |
| Disconformidad        |                         |   |  |
|                       | Jacadigo                | Santa Cruz  | Trasgresión Marina:<br>Sedimentación clástica y<br>química   |
|                       |                         |   | Areniscas ferruginosas: Mineral de<br>Hierro Bandeado con lentes de<br>clastos finos y Óxidos de Manganeso<br>intercalados |
| Precámbrico<br>tardío | Disconformidad local    |   |  |
|                       | Urucúm                  | Deposición y erosión<br>intermitente<br>sedimentación clástica no<br>consolidada, | Conglomerados, arcosa, arenisca y<br>limolita  |
| Disconformidad        |                         |   |  |
| Precámbrico<br>medio  | Complejo<br>Corumbaense | Intrusito Ígneo   | Genens, esquisto y granito   |



**Figura 2.** El paisaje de la región del Mutún. a) Se muestra la confluencia de las ecorregiones del bosque seco Chiquitano y el Pantanal y los diferentes tipos de vegetación que ocurren en la región. b) Indica las variaciones altitudinales sobre el nivel del mar, así como las diferentes poblaciones de la región, se indica la posición de Puerto Suárez y San Juan del Mutún.



**Figura 3.** Climograma de la región del Mutún. Las temperaturas en línea roja y la lluvia en línea azul. El espacio rojo punteado indica meses con déficit hídrico, la región azul de la figura indica meses con un exceso hídrico. Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia (SENAMHI, 2016).

## VISIÓN REGIONAL

La región se caracteriza por ser ganadera (ganadería extensiva), actividad económica que se desarrolla sobre pastos naturales y en menor proporción en pastos cultivados (Gobernación del Departamento de Santa Cruz, 2008; Killeen et al., 2008), aunque en los últimos años ha presentado fuertes cambios en el uso del suelo debido al establecimiento del emprendimiento minero el Mutún y las altas tasas de inmigración que este emprendimiento provocó a finales de la década pasada (Figura 1).

### Regiones naturales

Las principales ecorregiones (Figura 2a) corresponden al Pantanal, el mayor humedal del planeta, el bosque seco chiquitano y el Cerrado (Olson et al., 2001; Ibsch et al., 2003), donde puede concluirse que la región del Mutún representa un área transicional entre 3 de las mayores ecorregiones del centro de América del Sur. Las comunidades vegetales que conforman la vegetación (descritos en capítulos posteriores sobre flora y vegetación) mejor representados son el Bosque Chiquitano (semidecíduo, edafohigrófilo y secundario) y el Cerrado: chaparrales esclerófilos, cerradao (Villarroel et al. 2009), aunque este último más restringido en el cerro Mutún y serranías de la región.

### Uso de suelo

La región del Mutún ha experimentado un crecimiento económico impresionante en la última década, el cual ha ocasionado grandes cambios en el uso del suelo, debido principalmente al emprendimiento siderúrgico Mutún. Los cambios de uso de suelo son el resultado del conjunto de acciones de diferentes actores. Algunos actores han tenido una mayor participación en los cambios en comparación a otros, los cuales se han beneficiado sustancialmente, mientras que otros han sufrido una disminución en su capacidad productiva (Killeen et al., 2008; Pinto-Ledezma & Ruiz, 2010). Entre las principales actividades socioeconómicas se puede nombrar a las: a) forestal, b) ganadero y c) minería. A continuación, describiremos en detalle las dos primeras, ya que las actividades de minería todavía no se han desarrollado en su totalidad.

**a) Forestal:** La región en general ha sido considerada tradicionalmente como una zona con alto valor forestal, ya sea para la extracción de madera o producción de carbón vegetal (Killeen et al., 2008), la cual se transporta a Brasil para abastecer las fábricas de hierro. Por lo general, las áreas que fueron sujetas a este tipo de aprovechamiento después son usadas para el establecimiento de ganadería de tipo intensiva. En la zona del Cerro Mutún, no se observan una buena densidad de árboles de uso forestal, ya que la mayoría han sido extraídas por pobladores, pero para ser utilizada localmente.

**b) Ganadería:** Actualmente es la principal actividad socioeconómica en la región, siendo esta generalmente de tipo extensivo con el uso de pasturas naturales, aunque en los últimos años se ha visto un incremento en el establecimiento de ganadería de tipo intensivo. Por un lado, la ganadería de tipo extensivo se desarrolla sobre grandes extensiones de tierra, donde el impacto por densidad de pastoreo es relativamente bajo. Por otro lado, la ganadería intensiva, se desarrolla sobre pastos cultivados que tienen una capacidad de carga mayor a los pastos nativos lo que permite mayores niveles de carga animal. En los últimos años se ha visto un

cambio en los modelos de ganadería en la región, donde la ganadería de tipo intensiva está ganando terreno debido a que permite mejorar la productividad económica a corto plazo.

**b) Minería:** Si bien el potencial minero del cerro Mutún se conoce desde 1842 (~  $40^3 \times 10^6$  de toneladas de hierro y  $10^3 \times 10^6$  toneladas de manganeso) la producción minera no ha sido el fuerte en la región (Tejada, 2012). En general se desconoce la producción actual total, explotaciones previas realizadas por la COMIBOL (1989 y 1993) y JINDAL (2007-2011) no consiguieron exportar volúmenes necesarios para mantener viable la producción de hierro y manganeso, debido principalmente a los inadecuados trabajos de exploración, procesamiento de mineral extraído y los altos costos de transporte y exportación.

## IMPLICACIONES DE MANEJO Y CONSERVACIÓN

Actualmente, el cambio de uso de suelo, acompañada de la deforestación y fragmentación de hábitats, son las principales amenazas actuales para la biodiversidad en la región del Mutún, y en un futuro próximo será el impacto del emprendimiento siderúrgico Mutún. Así también, el cambio climático es otra potencial amenaza a futuro, ya que el clima es uno de los factores principales que determinan la distribución de las especies. Por lo cual, es importante que las amenazas presentes y futuras sean consideradas de manera conjunta, puesto que la degradación de los hábitats es considerada como una de las mayores fuentes de gases de efecto invernadero (Dale, 1997; Fearnside & Laurance, 2004) que alteran las variaciones interanuales en la temperatura, precipitación y las concentraciones de gases atmosféricos, además de la inflamabilidad de la cobertura vegetal (Watson et al., 2000; Pinto-Ledezma & Rivero-Mamani, 2014).

Las características ecológicas, geológicas, climáticas y de uso de suelo nos permiten entender acerca de las dinámicas socio-ecológicas de la región del Mutún, de manera que esta información puede ser aplicada en la planificación y gestión de la biodiversidad. Esto permitirá que los esfuerzos de conservación no estén enfocados en lugares o características del paisaje específico, sino también en un contexto regional que incluye además áreas culturales.

Las diferentes actividades que se desarrollan en la región del Mutún y áreas vecinas (municipios de Puerto Quijarro, El Carmen Rivero Torres [Bolivia] y Corumbá [Brasil]) tienen influencia directa en la variación estructural del paisaje. En este sentido, la comunidad académica, tomadores de decisión y sociedad civil deben trabajar de manera conjunta para el apropiado establecimiento de lineamientos de manejo y conservación de la región. Esto es fundamental, ya que las amenazas actuales y potenciales afectan negativamente los diferentes componentes del paisaje, sin olvidar que el Mutún provee recursos y servicios indispensables para mantener la calidad de vida de la sociedad civil en la región.

Por último, considerando las diferentes actividades que se desarrollan en un contexto regional, es posible desarrollar modelos de desarrollo bajo distintos escenarios de manejo. Esto es importante para la planificación y manejo de los recursos naturales, lo que nos permite evaluar el impacto de las distintas actividades actuales y previstas en los escenarios de manejo y posteriormente realizar una zonificación adecuada de la región del



Mutún, mejorando así su manejo y conservación. También, es imperativo el desarrollo de políticas sociales para mitigar los efectos de la inmigración que están recibiendo los municipios vecinos a la región del Mutún a causa del emprendimiento minero (Mano-Cuellar et al., 2015).

### AGRADECIMIENTOS

Estamos profundamente agradecidos a las Carreras de Biología y Ciencias Ambientales de la Universidad Gabriel Rene Moreno y PCA Ingenieros Consultores S.A. por el apoyo logístico. Este estudio fue financiado en parte por la *Rufford Small Grants Foundation* (Proyecto RSG 13513-1) para Daniel Villarroel, y por la *Academia Nacional de Ciencias-Santa Cruz* (Proyecto ANSCS-UPSA-01-2011) para Jesús N. Pinto-Ledezma.

### LITERATURA CITADA

- DAMASCENO-JUNIOR, G. A. 2005. Estudio florístico e fitossociológico de um gradiente altitudinal no planalto residual do Urucum – Mato Grosso do Sul – Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Sao Paulo, Brasil.
- DALE, V. H. 1997. The relationship between land-use change and climate change. *Ecological Applications* 7: 753-769.
- FEARNSIDE, P. M. & W. F. LAURANCE. 2004. Tropical deforestation and greenhouse-gas emissions. *Ecological Applications* 14 (4): 982-986.
- GOBERNACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ. 2008. Mapa de cobertura y uso actual de la tierra para el departamento de Santa Cruz. Memoria explicativa. Dirección de Ordenamiento Territorial, Cuencas-PLUS. Proyecto Plan Departamental de Ordenamiento Territorial. Santa Cruz, Bolivia.
- HEUSCHMIDT, B. & V. MIRANDA-ANGLES. 2000. Bolivian provinces and metalogenetic epochs in its geodynamic context. *Revista Técnica de la YPFB* 18(2): 167-198.
- IBISCH, P.L., S.G. BECK, B. GERKMANN & A. CARRETERO. 2003. La diversidad biológica. pp. 47-88. En: IBISCH, P. L. & MÉRIDA, G. (eds.). Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN. Santa Cruz, Bolivia.
- JINDAL-STEEL & PCA. 2008. Emprendimiento minero metalúrgico “El Mutún”: fase de explotación. Jindal-Steel Bolivia y PCA Ingenieros Consultores. Santa Cruz, Bolivia.
- KILLEEN, T. J., A. GUERRA, M. CALZADILLA, L. CORREA, V. CALDERÓN, L. SORIA, B. QUEZADA & M. K. STEININGER. 2008. Total historical land-use change in eastern Bolivia: who, where, when, and how much?. *Ecology and Society* 13(1): 36.
- MANO-CUELLAR, K., M. A. PINTO, R. SOSA, D. VILLARROEL & J.N. PINTO-LEDEZMA. 2015. Reptile fauna of the Mutún region (Santa Cruz department, Bolivia): species list and conservation status. *Kempffiana* 11(1): 66-69.

- MONTES DE OCA, I. 1995. Geografía y clima de Bolivia. *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines* 24(3): 357-368.
- OLSON, D. M., DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. D.; POWELL, G. V.; UNDERWOOD, E. C.; D'AMICO, J. A.; ITOUA, I. I.; ESTRAND, H. E.; MORRISON, J. C.; LOUCKS, C. J.; ALLNUTT, T. F., T. H. RICKETS, Y. KURA, J. F. LAMOREUX, W. W. WETTENGEL, P. HEDAO, & K. R. KASSEM. 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A new map of life on Earth. *BioScience* 51(11): 933-938.
- PARKER, T. A. III., A. H. GENTRY, R. B. FOSTER, L. H. EMMONS, & V. R. REMSEN JR. 1993. The lowland dry forests of Santa Cruz, Bolivia: a global conservation priority. RAP Working Paper 4, Conservation International, Washington DC.
- PINTO-LEDEZMA, J. N. & T. RUIZ. 2010. Deforestación y fragmentación 1976-2006 en el municipio de San Julián (Santa Cruz, Bolivia). *Ecología en Bolivia* 45(2): 101-115.
- PINTO-LEDEZMA, J.N. & M. L. RIVERO-MAMANI. 2014. Temporal patterns of deforestation and fragmentation in lowland Bolivia: implications for climate change. *Climatic Change* 127:43-54.
- PINTO LEDEZMA, J.N., V. SANDOVAL, V. PÉREZ, T. J. CABALLERO, K. MANO, M. A. VIVEROS & R. SOSA. 2014 Desarrollo de un modelo espacial explícito de hábitat para la paraba Jacinta (*Anodorhynchus hyacinthinus*) en el Pantanal boliviano (Santa Cruz, Bolivia). *Ecología en Bolivia* 49(2): 51-64.
- RIBERA, M.O. 2008. Hierro y Pantanal: Los riesgos de la explotación del Cerro Mutún. LIDEMA. La Paz, Bolivia.
- SENAMHI. 2016. Record de información meteorológica: datos precipitación y temperatura. En: <http://www.senamhi.gov.bo/meteorologia/recorddeinformacion.php>. Acceso: 05 de febrero de 2016.
- TAKAHASI, A. 2010. Ecología da vegetação em bancada lateríticas em Corumbá, MS. Tese de Doutorado. Instituto de Biociência da Universidade de São Paulo, Departamento de Ecologia. São Paulo, Brasil.
- TEJADA, A. 2012. La minería en tierras bajas de Bolivia. CEDIB. Cochabamba, Bolivia.
- VILLARROEL, D., J. N. PINTO-LEDEZMA, T. RUÍZ & A. PARADA. 2009. Relación de la cobertura leñosa con la riqueza herbácea en tres fisionomías del Cerrado sensu lato (Cerro Mutún, Santa Cruz, Bolivia). *Ecología en Bolivia* 44(2): 83-98.
- WATSON, R. T., I. R. NOBLE, B. BOLIN, N. H. RAVINDRANATH, D. J. VERARDO, & D. J. DOKKEN. 2000. Land use, land-use change, and forestry. Cambridge: Cambridge University Press.