

Resumen: Cambio de Uso de Suelo (CUS) y su proyección sobre el Área Protegida (AP) Lomas de Arena hasta el año 2036.

Daniel Rodríguez (tesista investigador - UDABOL), y César J. Pérez (director- Gaia Pacha Santa Cruz)

RESUMEN / La ciudad de Santa Cruz se encuentra en la posición 14 de las 100 ciudades con el crecimiento más rápido de todo el mundo (CityMayors, 2017).

La falta de planificación en ciudades que crecen a ritmos acelerados generalmente pasa por alto el impacto que este crecimiento puede tener sobre áreas naturales que prestan servicios ambientales fundamentales para la población y otras formas de vida. Una de estas áreas naturales que contempla no sólo gran biodiversidad (e.g. 21% de todas las especies de aves de Bolivia), pero también es un área fundamental para la recarga hídrica de la ciudad de Santa Cruz, es el Área Protegida (AP) Lomas de Arena (GADSC; 2017; y UNE, 2018).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la amenaza del Cambio de Uso de Suelo (CUS) antrópico dentro el AP Lomas de Arena y en su área de referencia (más allá de los 20km a la redonda del AP) hasta el año 2036 en un *business as usual* escenario sin la protección de la Dirección de Conservación del Patrimonio Natural (DICOPAN).

Para esto, el presente trabajo se enfocó en tres objetivos específicos: 1) Determinar el estado legal, características, y categorización del AP a través de instrumentos de investigación cualitativa como entrevistas semi-estructuradas y revisión extensiva de la literatura, 2) Determinar la tasa de CUS antrópica histórica multi-temporal de los últimos 30 años descargando, mejorando y analizando imágenes satelitales LANDSAT de 30 metros de resolución espacial de los años 1986, 1996, 2006, y 2016 (USGS, 2017), y 3) extrapolar geográficamente la amenaza del CUS hasta el 2036 utilizando el modelador geográfico GEOMOD (Pontius et al., 2001, y Pontius y Malanson, 2005) del software TerrSet (Eastman, 2015) utilizando diferentes *driver maps* con información socio-económica y bio-física del área de estudio. Importante mencionar que para los objetivos 2 y 3 se realizaron evaluaciones de precisión tanto para la clasificación (*matriz de error*) como para la proyección geográfica (*relative operating characteristic*).

Los resultados obtenidos fueron muy importantes: 1) La categorización del AP Lomas de Arena cambió dos veces

para finalmente convertirse en una Unidad de Conservación del Patrimonio Natural (UCPN) Parque Natural Lomas de Arena y UNMI (Unidad Natural de Manejo Integral) con una superficie de 14075.9 ha, 2) según el análisis multitemporal entre los años 1986 y 2016 de la zona de estudio, la tasa deforestación encontrada fue de ~1654 ha/año, y 3) la proyección geográfica hasta el 2036 predice un mayor CUS dentro el AP con tasas de deforestación entre 3.8 y 4.9 %; seguidas de tasas de deforestación entre 1.1 y 1.2 % ha entre los 10 y 20 km fuera del AP; y tasas de deforestación entre 1.0 y 1.3% más allá de los 20 km del AP.

Estos resultados conllevan a interesantes conclusiones y recomendaciones que incluyen: A) El AP Lomas de Arena está bajo una gran amenaza de CUS si no se invierten más recursos humanos, económicos, y no se refuerza la ley para su protección. B) Hasta el año 2036, esta AP puede perder más del 70% de su área natural si no se realizan acciones de conservación ni protección. C) Hasta el año 2021, se requieren priorizar esfuerzos de conservación empezando en la parte Sureste del AP que es muy susceptible al cambio. D) Se necesita mayor involucramiento y recursos económicos por parte del Municipio de La Guardia y el municipio de Santa Cruz que añada a los esfuerzos actuales de conservación que realiza la DICOPAN a través de su equipo de guardaparques en el AP Lomas de Arena. E) Se pueden considerar estrategias de investigación, educación, interpretación ambiental, y de turismo como herramientas para su conservación. F) Se debe conservar el AP Lomas de Arena como una fuente de recarga hídrica desde el punto de vista inter-municipal y metropolitano. G) Se debe considerar el AP Lomas de Arena como parte de un sistema más grande con el área de recarga acuífera del municipio de Porongo para las estrategias de protección del recurso estratégico agua. H) Se recomienda actualizar, por lo menos cada dos años, la proyección del CUS debido al movimiento anual de las dunas, el rápido cambio en infraestructura caminera, y la aparición de nuevas poblaciones, que pueden influir en las nuevas proyecciones. Asimismo, se proponen otras acciones de conservación y restauración de ecosistemas degradados.

PALABRAS CLAVE: Cambio de Uso de Suelo, Lomas de Arena, GEOMOD, Fuentes de Agua, Santa Cruz, Bolivia.

Fundación Gaia Pacha

Final Pasillo San Martín (s/n). Zona Expo.
Telf. (591) 774 50892
E-mail: gaiapcha.bol@gmail.com
Web: www.gaia-pacha-sc.org



**Fundación
Gaia Pacha
Santa Cruz**

Introducción

La creación de Áreas Protegidas (AP) surgió en 1872, con el Parque Nacional Yellowstone en los Estados Unidos de Norteamérica como respuesta mundial a la rápida desaparición de áreas naturales y a la consecuente pérdida de los servicios ambientales que ellos prestan (McNeely et al. 1994; UICN, 2011). Las funciones ambientales que cumplen las AP son diversas y han ido jugando distintos roles a lo largo del tiempo, en función a la evolución del escenario ambiental mundial (UICN, 2011).

En la actualidad existen más de 100 000 áreas protegidas en todo el mundo, las mismas que abarcan más de 12% de la superficie de la Tierra (Harrison J. et al., 2005).

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (siglas en inglés IUCN), en 1969 define a los “parques nacionales” como áreas que debían ser relativamente grandes y sin alteración material por explotación u ocupación por el ser humano, y donde la más alta autoridad competente del país tome acciones para prevenir o eliminar la explotación u ocupación en toda el área (McNeely et al., 1994).

Sin embargo, este concepto fue evolucionando hasta que finalmente el 2007 la IUCN y la Comisión Mundial de Áreas Protegidas (siglas en inglés WCPA) actualizó el mismo indicando que las AP son espacios geográficamente definidos, reconocidos, dedicados y manejados a través de acciones legales u otros medios efectivos para alcanzar la conservación a largo plazo de la naturaleza con sus servicios eco-sistémicos asociados y valores culturales (IUCN, 2008).

Ante esta situación, cobra vital importancia el papel desempeñado por las áreas protegidas y la biodiversidad que atesoran porque contribuyen a la conservación del agua y ofrecen multitud de servicios ambientales como el de actuar como depósitos de carbono y ayudar así a la reducción del efecto invernadero y eventos extremos atribuibles al cambio climático (FAO, 2009; UICN., 2011).

A pesar de los instrumentos legales y administrativos de protección de las AP, una de las amenazas más grandes que enfrentan muchas AP a nivel mundial es el cambio de uso de suelo o el desarrollo de actividades extractivas como la minería o la extracción de combustibles fósiles

adyacentes a las mismas (National Geographic, 2016).

En las AP el cambio de uso de suelo depende en gran medida de las necesidades humanas (Muñoz-Villalobos et al., 2011). Por definición, las ciudades son los lugares más insostenibles del planeta porque han sido edificadas sobre los suelos más fértiles (Hall C., 1986). Este cambio de uso de suelo frecuentemente se realiza en los límites de las AP debido a que estas áreas aun cuentan con suelos fértiles y recursos naturales aun intactos (Muñoz-Villalobos et al., 2011). Es más, National Geographic (2016) concuerda que lo que sucede en los bordes del parque puede afectar profundamente la salud ambiental en el interior de AP.

Esta mecánica del crecimiento social y económico demanda mayores superficies y volúmenes de materias primas, basándose en la depredación de los bosques, suelos y agua de la región (Muñoz-Villalobos et al., 2011). La degradación de suelos por efectos de la deforestación debido al cambio de uso de suelo puede provocar efectos irreversibles en el sistema hídrico de la región y en la producción agrícola y pecuaria (Muñoz-Villalobos et al., 2011).

La superficie terrestre protegida por AP llega a más de 211 millones de hectáreas aproximadamente (10,4% de extensión) y a más de 29 millones de hectáreas de superficie marina (IUCN, 2011; IUCN, 2008). IUCN afirma que hubo grandes avances en la gestión de las áreas protegidas en América Latina en los últimos 20 años. Sin embargo, de manera similar al contexto mundial, muchas de estas áreas están bajo constante amenaza debido al cambio de uso de suelo por actividades antrópicas como ser: minería, explotación petrolera y gasífera, explotación maderera, expansión de la frontera agrícola y turismo abundante (Oilwatch y Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales, 2004).

En América Latina existen alrededor de 1949 áreas protegidas de jurisdicción nacional (IUCN, 2008). En Bolivia actualmente se cuenta con un total de 130 AP bajo diferente nivel de protección que abarca un 23% del territorio Nacional (MMAyA, 2012). El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) contabiliza 22 AP de carácter

Nacional, 25 AP de carácter Departamental y 83 AP Municipales (MMAyA, 2012).

Entre las principales amenazas a las áreas protegidas bolivianas se encuentran las actividades hidrocarburíferas, mineras, hidroeléctricas, geotérmicas, proyectos de infraestructura caminera y ferroviaria, forestales y agropecuarias, y colonización (SERNAP, 2007).

En el departamento de Santa Cruz de la Sierra existen 32 AP, de las cuales cinco son nacionales, 7 son departamentales y 20 son municipales (Añez, 2015). Todas éstas cubren una superficie terrestre de aproximadamente 134 000 km² (Añez J. C., 2015).

Además, en los últimos años, estudios han demostrado que el AP Lomas de Arena cuenta con un valor hidrológico importante, ya que representa un sitio de recarga de acuíferos para la población local y la ciudad de Santa Cruz de la Sierra (Geyh, 2016; FAN, 2013).

Como ocurre en la mayoría de las AP, Lomas de Arena no es una excepción en cuanto a las amenazas que enfrenta, como ser: a) presión por las urbanizaciones y edificaciones aledañas al parque, b) problemas de contaminación del río más importante (Choré Choré) que atraviesa el parque, y c) la amenaza latente de la frontera agrícola y nuevos asentamientos, especialmente en el sector sur (Herrera et al., 2013). Asimismo, no existe investigación previa que considere el efecto borde y la predicción espacial de la dinámica de las olas de presión antrópica que emanan desde la ciudad hacia el AP Lomas de Arena.

Son por estas razones que la presente investigación tiene por objetivo: Determinar la amenaza del cambio de uso de suelo, a través de un análisis espacial multi-temporal de los últimos 30 años y una proyección hasta el año 2036 en el AP Lomas de Arena del departamento de Santa Cruz incluyendo un área de referencia. Esto en un *business as usual* escenario sin acciones de protección y conservación.

Para lograr esto, se plantearon los siguientes objetivos específicos: **a)** determinar el estado legal y categorización de protección actual del área protegida Lomas de Arena, **b)** determinar la tasa del cambio de uso de suelo de vegetación natural a uso antrópico según información satelital para

los últimos 30 años, y **c)** extrapolar geográficamente la amenaza de cambio de uso de suelo hasta el año 2036.

Objetivos

General

Determinar la amenaza del Cambio de Uso de Suelo (CUS) antrópico dentro el AP Lomas de Arena y en su área de referencia hasta el año 2036 en un *business as usual* escenario sin intervención de acciones de protección ni conservación.

Específicos

- Determinar el estado legal, características y categorización de protección actual del área protegida Lomas de Arena.
- Determinar la tasa del cambio de uso de suelo de vegetación natural a antrópico según información satelital para los últimos 30 años
- Extrapolar geográficamente la amenaza de cambio de uso de suelo hasta el año 2036.

Metodología

La presente investigación es predictiva de carácter cuantitativo, aunque en su primer objetivo aplica algunas herramientas de investigación cualitativa. A continuación se mencionan los pasos metodológicos para cada uno de los objetivos específicos que guiaron el trabajo.

Determinar el estado legal, características, y categorización del AP Lomas de Arena.

Para el presente objetivo se tuvo que: a) realizar una investigación bibliográfica extensiva sobre el AP, y b) diseñar y aplicar herramientas de investigación cualitativa como entrevistas semi-estructuradas dirigidas a actores importantes relacionados al AP el año 2015. Se entrevistó al Sr. Juan Carlos Añez (Director de la Dirección de Conservación del Patrimonio Natural del Departamental de Santa Cruz), a la Lic. Adita Montaña (Directora del Área Protegida Lomas de Arena), y a la Lic. Pamela Rebolledo (Directora del Programa Departamental de Cambios Climáticos).

Determinar la tasa del cambio de uso de suelo antrópico según información espacial multitemporal de los últimos 30 años.

Para este objetivo específico, se realizaron las siguientes acciones:

- Se descargaron imágenes satelitales LANDSAT de 30 m o menor resolución a través del sitio *EarthExplorer* de la página *USGS*. Los años de estas imágenes fueron 1986, 1996, 2006, y 2016.
- Se realizó un mejoramiento de las imágenes aplicando un *Principal Component Analysis (PCA)* que es un análisis de varianza y covarianza.
- Se realizó una clasificación supervisada de las imágenes inicialmente utilizando la herramienta de redes neurales Self Organizing Map (SOM). Estas herramientas fueron utilizadas gracias al software *TerrSet* desarrollado por Clarks Labs (2017).
- Se realizó una Evaluación de Precisión para determinar el nivel de incertidumbre en la clasificación utilizando la herramienta *ERRMAT* del mismo software. Se pudo constatar que la clasificación realizada tiene menos del 20% de error, lo que es bastante aceptable.
- Finalmente se determinó la tasa de CUS antrópico (*ha/año*).

Extrapolar geográficamente la amenaza de CUS hasta el año 2036.

Para este objetivo específico, se realizaron los siguientes pasos:

- Se utilizó el modelador geográfico GEOMOD creado por investigadores de la Universidad Estatal de Nueva York (Pontius et al., 2001; y Pontius and Malanson, 2005).
- Se creó un mapa de probabilidad de CUS (*Suitability Map*) en base evidencia histórica biofísica y socio-económica (*driver maps*) (ver Figura 1).
- Asimismo, se realizó una evaluación de Precisión utilizando la herramienta *Relative Operating Characteristic (ROC)*. ROC mide la precisión de la congruencia espacial entre el Mapa de Probabilidad de CUS y un mapa de referencia. El resultado mostró un ROC de 0.83/1.00 que significa una predicción buena (UNMC, s.f.)

- Finalmente, se realizó la proyección espacial del CUS hasta el 2036 utilizando la tasa de deforestación utilizada en el objetivo específico 2.

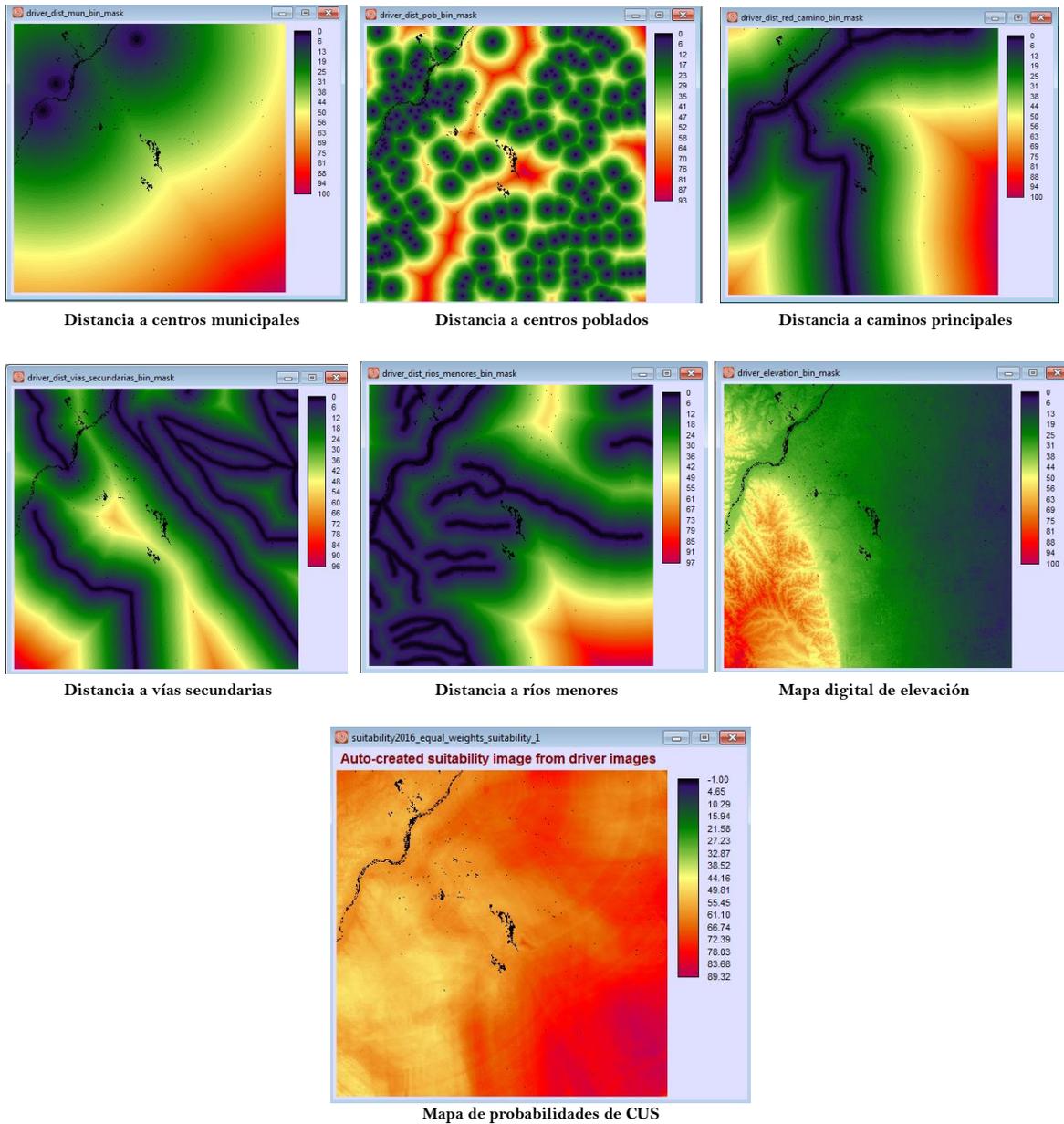
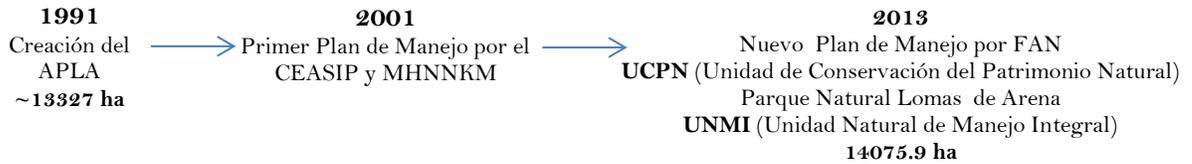


Figura 1. *Driver maps* con información biofísica y socioeconómica (parte superior) utilizados en el modelador geográfico GEOMOD para generar el mapa de probabilidades (parte Inferior).

Resultados

1. Determinar el estado legal, características y categorización de protección del AP Lomas de Arena

Los resultados muestran que el AP pasó principalmente por tres etapas importantes que se pueden resumir en el siguiente esquema:



2. Determinar la tasa de CUS histórica de los últimos 30 años.

A partir de las siguientes imágenes satelitales (Figura 2), y aplicando la fórmula de deforestación de Puyravaud (2002), se obtuvo una tasa de deforestación de aproximadamente **1654 ha/año** para toda la escena.

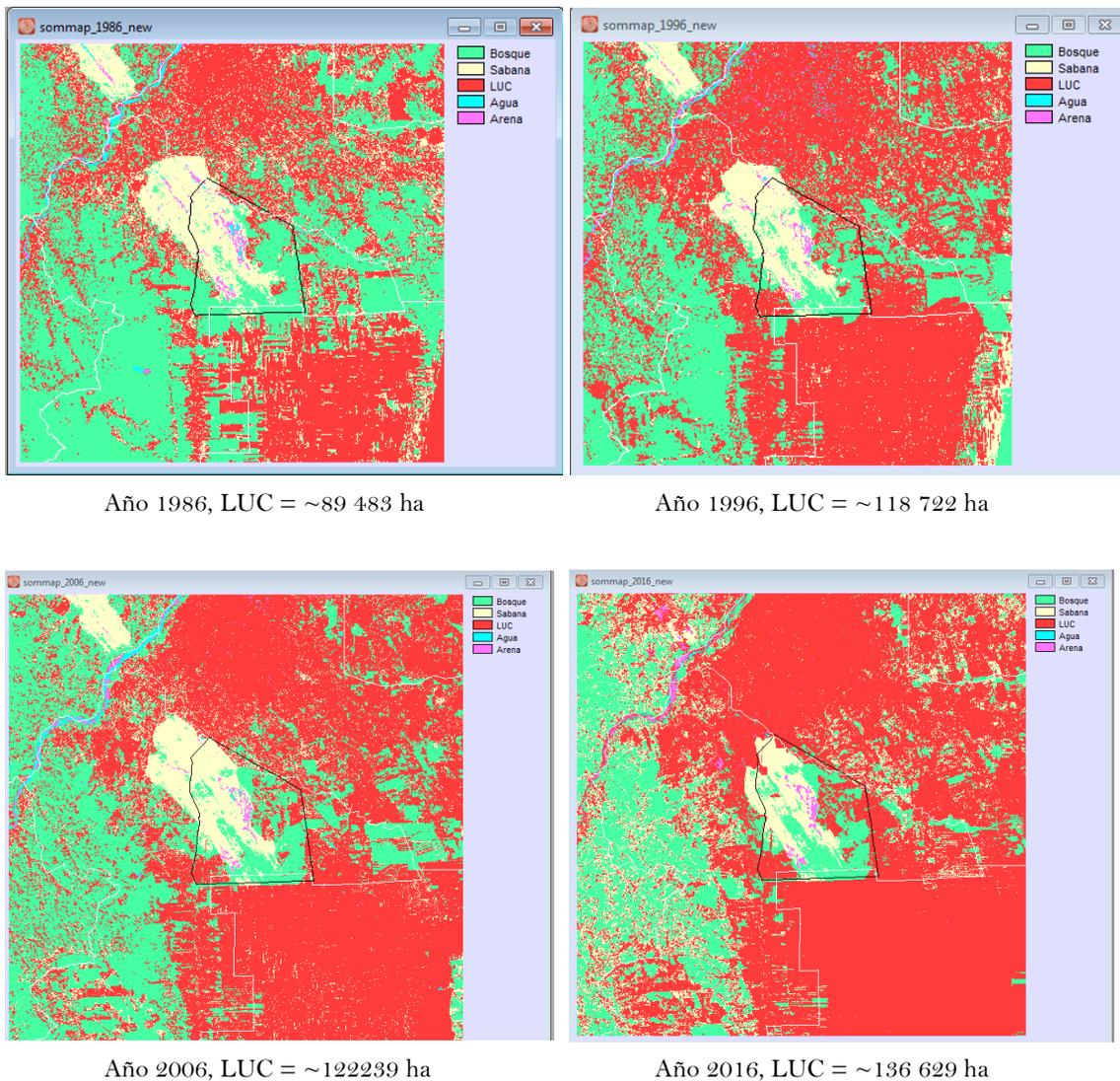


Figura 2. Imágenes satelitales clasificadas en cinco categorías de los años 1986, 1996, 2016, y 2016.

3. *Extrapolar geográficamente la amenaza de cambio de uso de suelo hasta el año 2036.*

A continuación se mostrarán algunos mapas proyectados hasta el 2036 (Figura 3)

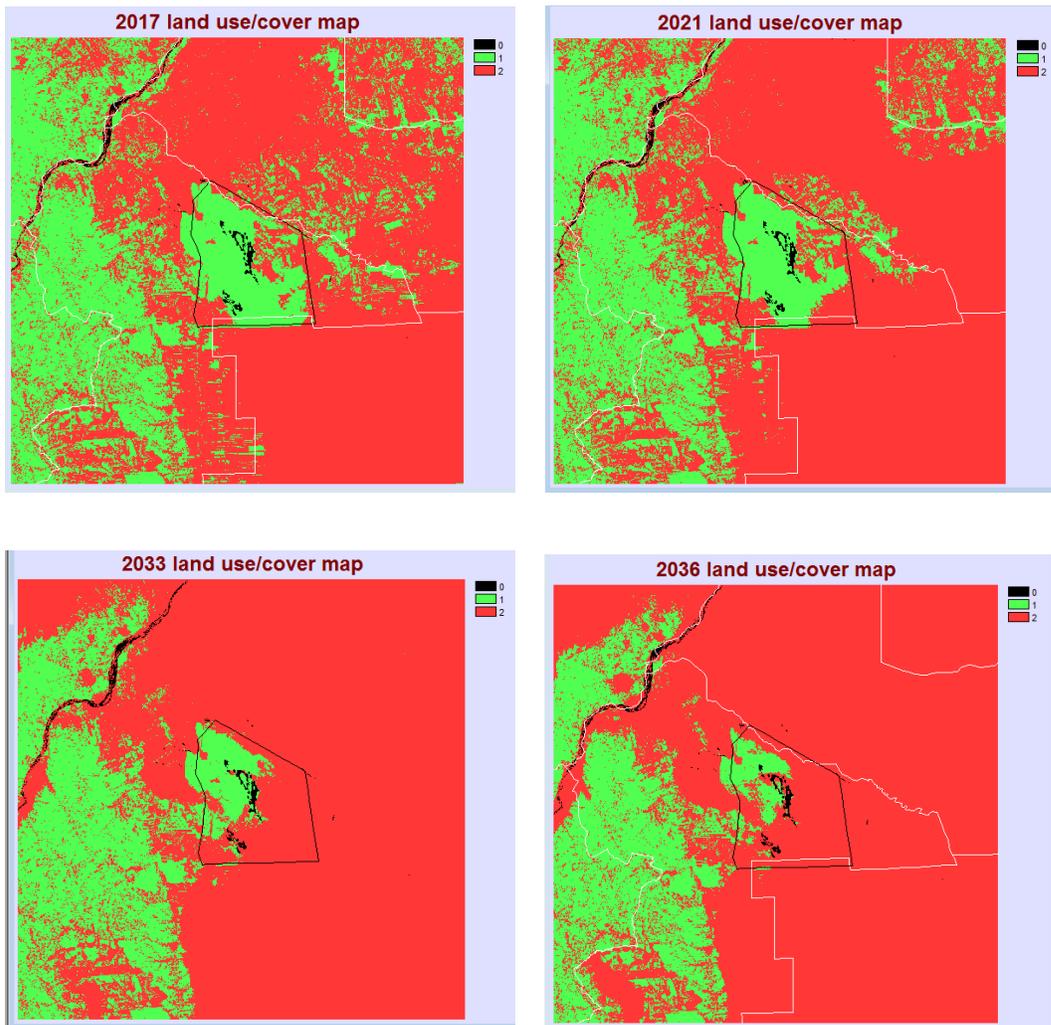


Figura 3. Algunos mapas proyectados por la herramienta de modelación geográfica GEOMOD mostrando el CUS antrópico hasta el año 2036. Clase 0 = Pixels excluidos de análisis por no ser candidatos de cambio; Clase 1= Cobertura Vegetal Natural; y Clase 3= Cambio de Uso de Suelo antrópico proyectado.

Asimismo, se hizo un análisis por zonas a partir del AP para determinar la tasa de CUS cubriendo una distancia mayor a los 20 km del centroide del AP. A continuación un ejemplo de este análisis para el año 2021 (Figura 4):



Dentro AP = 1019 ha 5 - 10 km = 359 ha 10 - 15 km = 1803 ha 15 -20 km = 2464 ha >20 km = 1957

Figura 4. Proyección de CUS por área de estudio para proyección del año 2021.

La Tabla 1 resume las tasas de deforestación estimadas por área y por rangos de tiempo hasta el año 2036. Estos resultados sugieren que hay más probabilidades de CUS dentro el AP Lomas de Arena que fuera de él en los cuatro periodos de tiempo (2016-2021, 2021-2026, 2026-2031, y 2031-2036).

Tabla 1. Resumen del CUS por zonas de estudio en periodos de tiempo en mapas proyectados hasta el 2036

Zonas	2016-2021		2021-2026		2026-2031		2031-2036	
	--- ha ---	--- % ---						
PARQUE	1029.4	4.9%	1676.5	3.8%	1675.9	4.7%	2584.1	3.8%
Hasta 10 km	360.5	0.6%	1524.2	0.6%	778.9	2.0%	627.2	0.4%
10-15 km	1791.5	1.1%	637.2	1.1%	358.9	0.6%	484.0	0.2%
15-20 km	2466.8	1.2%	721.3	1.2%	553.2	0.3%	606.2	0.3%
Mas de 20 km	1953.8	0.7%	3042.9	0.7%	4235.0	1.0%	3300.6	1.3%

Conclusiones y Recomendaciones

A) El AP Lomas de Arena está bajo una gran amenaza de CUS si no se invierten más recursos humanos, económicos, y no se refuerza la ley para su protección.

B) Hasta el año 2036, esta AP puede perder más del 70% de su área natural si no existen acciones de conservación ni protección.

C) Hasta el año 2021, se requieren priorizar esfuerzos de conservación empezando en la parte Sureste del AP que es muy susceptible al cambio.

D) Se necesita mayor involucramiento y recursos económicos por parte del Municipio de La Guardia y el municipio de Santa Cruz que añada a los esfuerzos actuales de conservación que realiza la DICOPAN a través de su equipo de guardaparques en el AP Lomas de Arena.

E) Se pueden considerar estrategias de investigación, educación, interpretación ambiental, y de turismo como herramientas para su conservación.

F) Se debe conservar el AP Lomas de Arena como una fuente de recarga hídrica desde el punto de vista inter-municipal y metropolitano. Considerando que el agua es un recurso estratégico de la población de Santa Cruz.

G) Se debe considerar el AP Lomas de Arena como parte de un sistema de recarga hídrica intermunicipal y metropolitano, que involucra el área de recarga acuífera del municipio de Porongo.

H) Se recomienda actualizar, por lo menos cada dos años, la proyección del CUS debido al rápido cambio en infraestructura caminera y aparición de nuevas poblaciones, y movimientos de dunas de arena que pueden influir en el resultado final de proyección.

En base a los resultados encontrados, también se proponen las siguientes acciones específicas para los municipios de Santa Cruz y La Guardia:

1. Liderar un proyecto de restauración de los ecosistemas degradados fuera y dentro del AP Lomas de Arena para asegurar su rol en el ciclo hidrológico de la zona.
2. Actuar inmediatamente contra aquellos asentamientos ilegales realizados en el municipio de Santa Cruz dentro el AP Lomas de Arena y priorice su conservación y restauración ecológica.
3. Liderar una acción intermunicipal para la creación de un área de amortiguamiento de 10 km a la redonda del centroide del área protegida Lomas de Arena.
4. Revisar los instrumentos de planificación municipal (como el PLOT) para la priorización de la conservación de ecosistemas fundamentales y priorización de la restauración de los ecosistemas degradados dentro y fuera del AP Lomas de Arena.



Bibliografía consultada (extracto)

- Aguayo, A., Pauchard, A., Azócar, G., Parra, O. (2009). Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. Revista chilena de historia natural 82: 361-374.
- Apaza M. A. (2006). Evaluación del grado de amenaza al habitat a través de bioindicadores (lepidopteron) en dos comunidades dentro del area de influencia del PN ANMI Madidi.
- Andersen Lykke E. (2014). La economía del cambio climático en Bolivia Impactos sobre la biodiversidad. Link: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6527/8%20ECCB%20FINAL.pdf?sequence=1>
- Añez J. C. (2014). Presentación en diapositivas sobre el Estado de las Áreas Protegidas después del Decreto Supremo No. 2366. Taller organizado por la Gobernación de Santa Cruz y realizado en el Centro de Educación Ambiental. Santa Cruz, Bolivia.
- Atlas Eólico de Bolivia (2009). Link http://www.3tier.com/static/ttcms/us/documents/bolivia/Atlas_Eolico_de_Bolivia.pdf
- Balme et al. (2009). Edge effects and the impact of non-protected areas in carnivore conservation: leopards in the Phinda-Mkhuze Complex, South Africa. Los efectos de borde y el impacto de las áreas no protegidas en la conservación carnívoro: leopardos en el Complejo Phinda-Mkhuze, África del Sur. Link: <http://sci-hub.cc/10.1111/j.1469-1795.2009.00342.x>
- Carcamo y Rejas (2015). Análisis multitemporal mediante teledetección espacial y SIG del cambio de cobertura del suelo en el municipio de Danlí, El Paraíso, en los años 1987 -2011. Link: <file:///C:/Users/L%C3%B3pez/Downloads/2081-7323-1-SM.pdf>
- CEASIP (Centro de Ecología Aplicada Simón i Patiño) MHNNKM (Museo de historia Natural Noel Kempff Mercado) (2001). Plan de Manejo AP Lomas de Arena.
- CEASIP (Centro de Ecología Aplicada Simón i Patiño) MHNNKM (Museo de historia Natural Noel Kempff Mercado) (2001). Diagnostico socioeconómico AP Lomas de Arena.
- CEASIP (Centro de Ecología Aplicada Simón i Patiño) MHNNKM (Museo de historia Natural Noel Kempff Mercado) (2001). Diagnostico Biológico AP Lomas de Arena.
- CEASIP (Centro de Ecología Aplicada Simón i Patiño) MHNNKM (Museo de historia Natural Noel Kempff Mercado) (2003). Plan de Manejo AP Lomas de Arena.
- Centro de Interpretación Lomas de Arena (2016). Zona de nidificación de la tijereta (*Tyrannus savana*).
- CEDIB (Centro de Documentación e Información Bolivia) (2016). Amazonía y Nuevas presiones Extractivistas. Link: <http://www.cedib.org/wp-content/uploads/2016/03/ExpoMarcoExtractivismo-en-la-amazon%C3%ADA26feb16.pdf>
- CityMayors., 2017. The world's fastest growing cities and urban áreas from 2006 to 2020. Retrieved from: http://www.citymayors.com/statistics/urban_growth1.html
- Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia (2012). Link: http://www.mindef.gob.bo/mindef/sites/default/files/nueva_cpe_abi.pdf
- Chuvieco, E. (1996). Fundamentos de Teledetección. 3ª edición revisada. Ediciones RIALP, Madrid. España.
- Cuellar Saúl et al., (2012). Pérdida de carbono por deforestación reciente en las tierras bajas y Yungas de Bolivia. Link: http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v51n1/v51n1_a03.pdf
- Decreto Supremo N° 22911 (1991). Link: <http://www.lexivox.org/norms/BO-DS-22911.pdf>
- Defries Ruth et al., (2007). Cambio de uso alrededor de áreas protegidas: gestión Para equilibrar las necesidades HUMANOS Y función ecológica. Land use change around protected áreas management to balance human needs and ecological function. Link: http://chans-net.org/sites/chans-net.org/files/defries_ecolapps_07.pdf
- ESRI (Environmental Systems Research Institute), (2009). ArcGIS Software Versión 9.3.1
- Eastman J. R., (2009). IDRISI Taiga. Version 16.05. Clark Labs. Worcester, MA.
- Ecología, Medio ambiente Bolivia (2013). Link: <http://blogverdebolivia.blogspot.com/2013/05/un-canal-contamina-el-parque-lomas-de.html>
- FAO (2009). Pago por Servicios Ambientales en Áreas Protegidas en América Latina. Link: <http://www.fao.org/3/a-i0822s.pdf>
- Hall, C. A. S., C. J. Cleveland and R. Kaufmann, 1986. Energy and resource quality: The ecology of the economic process. John Wiley and Sons, New York.
- Hall, M. H. P, Hall C. A. S. and Taylor M. R., 2000. Geographical Modeling: The Synthesis of a GIS and Simulation Modeling. Book: Quantifying Sustainable Development: The Future of Tropical Economies ed C. A. S. Hall (San Diego, CA: Academic).
- Decreto Supremo N°24781 Reglamento General de AP. Link: <http://www.santacruz.gob.bo/turistica/medioambiente/calidad/legislacion/contenido.php?IdNoticia=3387&IdMenu=300520>
- Fundación Amigos de la Naturaleza - FAN (2013). Plan de manejo del parque departamental y área natural de manejo integrado Lomas de Arena (2013-2022). Link: <http://www.santacruz.gob.bo/archivos/AN12072013180520.pdf>
- Geoghegan, J., Pritchard, L., Ogneva-Himmelberger, Y., Chowdhury, R. R., Sanderson, S., & Turner, B. L. (1998). Socializing the pixel and 'pixelizing the social' in land-use and land-cover change. People and pixels: linking remote sensing and

- social science, 51-69. Link:
<https://www.nap.edu/read/5963/chapter/4>
- Geyh M., 2016. Estudio isotópico sobre el Acuífero de la región Metropolitana de Santa Cruz de la Sierra (Bolivia). Programa para Servicios Sostenibles de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Periurbanas (PERIAGUA). Misión Técnica Alemana (GIZ).
- Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz. 2017. Gobernación determina Pausa Administrativa para proteger el agua en el Urubó.
<http://www.santacruz.gob.bo/sczcprensa/notas/contenido/16182/901>
- Hall M. (2001). Dynamic Models of Land Use Change. Description of GEOMOD. Global Institute of Sustainable Forest. Yale School of Forestry and Environmental Studies. Link:
http://gisf.research.yale.edu/ppf/dynamic_models/geomod.html
- Hansen Andrew and Ruth DeFries (2004). Land Use Change Around Protected Areas and Consequences for Biodiversity. Cambio de Uso de la Tierra alrededor de áreas protegidas y consecuencias para la biodiversidad. Link:
http://lcluc.umd.edu/sites/default/files/lcluc_documents/Present_HansenA_Jan2004_0.pdf
- Harrison J. et al.(2005). La medición de la amplitud y la eficacia de las áreas protegidas como un indicador de Cumplimiento de los objetivos globales de biodiversidad. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. Link:
<http://scihub.cc/http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/360/1454/443>
- Killeen Timothy J. et al., (2005). Estratificación de Vegetación y Cambio de Uso de Suelo en Los Yungas y El Alto Beni de La Paz. Link:
[http://www.mobot.org/MOBOT/Research/madidi/pdf/03Estratificacin40-3\(1\).pdf](http://www.mobot.org/MOBOT/Research/madidi/pdf/03Estratificacin40-3(1).pdf)
- Killeen, T. J. et al. (2007). Cambio de Uso del suelo en la Chiquitania (Santa Cruz-Bolivia) tierras indígenas, propiedades privadas, y el fracaso del gobierno sobre la frontera agrícola. Link:
https://www.researchgate.net/publication/228642418_Land-Use_Change_in_Chiquitania_Santa_Cruz_Bolivia_indigenous_lands_private_property_and_the_failure_of_governance_on_the_agricultural_frontier
- Lambin, E. 1997. Modelling deforestation processes: a review tropical ecosystem environment observations by satellites. TREE Series B., Research Report No. 1. European Commission Joint Research Centre–Institute for Remote Sensing Applications–European Space Agency, Luxembourg.
- Land Unit Map, (1999). Estudio base para la elaboración del plan general de manejo AP Lomas de Arena.
- Ley de Vida Silvestre, Parques Nacionales, Caza y Pesca N° 12301. Link:
<http://www.museonoelkempff.org/sitio/ACC/Informacion/info/Normas/12301.pdf>
- Ley Departamental N° 98 Unidad de Conservación del Patrimonio Natural. Link:
<http://www.santacruz.gob.bo/archivos/AN28052015172054.pdf>
- Ley de la Madre Tierra (2012). Link:
<http://comunicacion.presidencia.gob.bo/docprensa/pdf/20121015-11-53-28.pdf>
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W., 2004. Remote Sensing and Image Interpretation. Fifth Edition. Hohn Wiley & Sons.
- López-Barrera F. (2004). Estructura y función en bordes de Bosques. Link:
<file:///C:/Users/L%C3%B3pez/Downloads/581-1096-1-SM.pdf>
- Mcdonald Robert I. (2008), Las implicaciones de la urbanización actual y futura para las áreas protegidas y conservación de la biodiversidad a nivel mundial. The implications of current and future urbanization for global protected areas and biodiversity conservation. Link: <http://scihub.cc/10.1016/j.biocon.2008.04.025>
- McNeely Jeffrey A. (1994). Las áreas protegidas para el siglo 21: trabajar para proporcionar beneficios para la sociedad. Protected areas for the 21st century: working to provide benefits to society. Link: <http://scihub.cc/http://link.springer.com/article/10.1007/BF00057797>.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua – MMAyA (2012). Áreas Protegidas Subnacionales en Bolivia Situación Actual 2012. Link:
http://www.cibioma.edu.bo/biblio/4_files/areas.pdf
- Morin (1994). Texture analysis for the mapping of urban areas using airborne MEIS-II images, in Proceeding of the First International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition,Strasbourg France , 3 , 231-245.
- Muller Robert et al., (2014). El contexto de la deforestación y degradación de los bosques en Bolivia. Link:
http://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-100.pdf
- Muñoz- J. A. Villalobos et al.(2011). Cambio de uso de suelo en el área natural protegida “sierra de lobos”, municipio de león, Guanajuato, México. Link:
<https://chapingo.mx/revistas/phpscript/download.php?file=completo&id=MjE3Mw>
- National Geographic (2016). Link:
<http://nationalgeographic.es/search/areas%20protegidas%20amenazas>.
- Navarro and Ferreira (2007). Bolivia's Vegetation Map. [Compact Disk].
- Ojima, D., Galvin, K., Turner, B.(1994). The Global Impact of Land-use Change. BioScience 44 (5):300-304.
- Oilwatch y Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales (2004). Áreas Protegidas ¿Protegidas contra quién?. Link:
<http://www.oilwatch.org/doc/libros/areasprotegidas.pdf>

- Herrera Patricia et al. , (2013). Un sistema de Monitoreo para áreas protegidas” estudio de caso AP Lomas de Arena”. Link: <http://www.museoelkempff.org/sitio/Informacion/Patuju/BOLETIN-ELPATUJU-N18.pdf>
- Peralta, et al., (2013). Cambios de Uso del Suelo, y Proyectos Forestales MDL(Mecanismos de Desarrollo Limpio) y REDD(Redución de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero debido a la Deforestación y Degradación de Bosques) en Riberalta, Amazonía Boliviana. Link: http://ibepa.org/docs/docscienciagro/Cienciagro_V2N4-2013_403-420_Peralta.pdf
- Pérez César (2011). Sensitivity Analysis Of Baseline Carbon Estimates For A Bolivian REDD Initiative (The Noel Kempff Mercado National Park Climate Action Project). Análisis de Sensibilidad de las estimaciones de Línea de Base de Carbono para una iniciativa REDD Boliviana (El proyecto de Acción Climática Parque Nacional Noel Kempff Mercado). (Tesis de Maestría). State University of New York – College of Environmental Science and Forestry. Syracuse, New York.
- Puyravaud, J., (2002). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation, For. Ecol. Manage. 177, 593
- Ruiz V. et al. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moravia Nicaragua, 1993 – 2011
- Skole, D., Chomentowski, W., Salas, W., Nobre A. (1994). Physical and Human Dimensions of Deforestation in Amazonia. Bioscience (5):314-322.
- Servicio Nacional de Áreas Protegidas (2007). Informe sobre el Sistema Nacional de Áreas Protegidas Congreso en BARILOCHE, del 30 de septiembre al 6 de Octubre de 2007. Link: <http://www.bivica.org/upload/sistema-areas-protegidas.pdf>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales –UICN (2008). Gobernanza de Áreas Protegidas. Link: http://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn_spanish_governance_book.pdf
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales – UICN (2011). Las áreas protegidas de América Latina Situación actual y perspectivas para el futuro. Link: <https://portals.iucn.org/library/efiles/document/s/2011-019.pdf>
- United States Geological Service (USGS). 2010. Earth Explorer’s Data Base. [Internet]. Link :<http://edcns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/>
- Universidad Nacional Ecológica (UNE), 2018. Investigación sobre los Acuíferos de Porongo. <https://www.facebook.com/plataformamedioambienteyvida/videos/971262706347765/>
- University of Nebraska (UNMC) (s.f.). The Area Under an ROC Curve. Link: <http://gim.unmc.edu/dxtests/roc3.htm>
- Urioste Andrea (2010). Deforestación en Bolivia una amenaza mayor al cambio climático. Link: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/bolivien/07570.pdf>
- Velázquez, A., Mas, J., Palacio, J., Díaz, R., Mayorga, C., Alcantara, R., Fernandez, T. (2007). Análisis de cambio de uso del suelo. Informe técnico convenio INE-Instituto de Geografía, UNAM., Ciudad de México DF, México.
- Wittemyer George (2008). El crecimiento acelerado de la población humana en los bordes de las áreas protegidas. Accelerated Human Population Growth at Protected Area Edges. Link: <http://nature.berkeley.edu/BrasharesGroup/wp-content/uploads/2015/06/Wittemyer-et-al.-2008-Accelerated-Human-Population-Growth.pdf>
- Woodroffe R. y Joshua R. Ginsberg (1998). Edge Effects and the Extinction of Populations Inside Protected Areas. Los efectos de borde y la extinción de poblaciones Dentro de las áreas protegidas. Alam M. y G. Rabbani, 2007. Vulnerabilities and responses to climate change for Dhaka. Environment & Urbanization Copyright © 2007 International Institute for Environment and Development (IIED).

ANEXO I. Secuencia del CUS proyectado hasta el año 2036 en el área de estudio.

