

# **Amenaza a una de las fábricas de agua de la ciudad de Santa Cruz por el Cambio de Uso de Suelo sobre el Área Protegida (AP) Lomas de Arena hasta el año 2036**

---

## **Threat to one of the Water Factories of the city of Santa Cruz due to Land Use Change until 2936 on the Protected Area “Lomas de Arena”**

---

*Daniel Rodríguez*

Tesista Investigador

UDABOL

Santa Cruz, Bolivia

dors1993@hotmail.com

*César J. Pérez*

Director Fundación Gaia Pacha

Docente y Investigador

Universidad Católica Boliviana

Santa Cruz, Bolivia

cperez@ucb.edu.bo

### **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 biofísica 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 de 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.

## ABSTRACT

The city of Santa Cruz is the 14<sup>th</sup> out of the 100 fastest growing cities in the world (CityMayors, 2017). The lack of planning in fast growing cities generally overlooks the impact that this growth may have on natural areas that provide fundamental environmental services for the population and other forms of life. One of these natural areas that contemplates not only great biodiversity (e.g. 21% of all bird species in Bolivia), but is also a fundamental area for water recharge in the city of Santa Cruz, is the Protected Area (PA) Lomas de Arena (GADSC; 2017; and UNE, 2018).

The objective of this work was to determine the threat of anthropic Land Use Change (LUC) within the PA Lomas de Arena and in its reference area (beyond 20km around the PA) until the year 2036 in a business as usual scenario without the protection of the Direction of Natural Heritage Conservation (DICOPAN).

For this, the present work focused on three specific objectives: 1) Determine the legal status, characteristics, and categorization of the PA through qualitative research instruments such as semi-structured interviews and extensive literature review, 2) Determine the rate of multi-temporal historical anthropic LUC of the last 30 years downloading, improving and analyzing LANDSAT satellite images of 30 meters of spatial resolution from the years 1986, 1996, 2006, and 2016 (USGS, 2017), and 3) geographically extrapolate the LUC threat to 2036 using the geographic modeler GEOMOD (Pontius et al., 2001, and Pontius and Malanson, 2005) of the TerrSet software (Eastman, 2015) using different driver maps with socio-economic and bio-physical information of the study area . It is important to mention that for objectives 2 and 3 accuracy assessments were carried out both for the classification (error matrix) and for the geographical projection (relative operating characteristic).

The results obtained were very important: 1) The categorization of the PA Lomas de Arena changed twice to finally become a Natural Heritage Conservation Unit (UCPN), Lomas de Arena Natural Park and ANMI (Natural Area for Integrated Management) with a surface of 14075.9 ha, 2) according to the multitemporal analysis between 1986 and 2016 of the study area, the deforestation rate found was ~ 1654 ha / year, and 3) the geographical projection until 2036 predicts a higher LUC within the PA with deforestation rates between 3.8 and 4.9%; followed by deforestation rates between 1.1 and 1.2% ha between 10 and 20 km outside the PA; and deforestation rates between 1.0 and 1.3% beyond 20 km of the PA.

These results lead to interesting conclusions and recommendations that include: A) The PA Lomas de Arena is under great threat from LUC if more human and economic resources are not invested, and the law is not reinforced for its protection. B) Until 2036, this PA can lose more than 70% of its natural area if no conservation or protection actions are carried out. C) Until 2021, it is necessary to prioritize conservation efforts starting in the southeastern part of the PA, which is very susceptible to change. D) Greater involvement and economic resources are needed from the Municipality of La Guardia and the Municipality of Santa Cruz to add to the current conservation efforts carried out by DICOPAN through its team of park rangers in the PA Lomas de Arena. E) Research, education, environmental interpretation, and tourism strategies can be considered as tools for their conservation. F) The PA Lomas de Arena should be preserved as a source of water recharge from the inter-municipal and metropolitan point of view. G) The PA Lomas de Arena should be considered as part of a larger system with the aquifer recharge area including the municipality of Porongo for the protection strategies of the strategic water resource. H) It is recommended to update, at least every two years, the LUC projection due to the annual movement of the dunes, the rapid change in road infrastructure, and the appearance of new populations, which may influence the new projections. Likewise, other actions for the conservation and restoration of degraded ecosystems are proposed.

**Keywords:** Land Use Change, Lomas de Arena, GEOMOD, Water Sources, Santa Cruz, Bolivia.

**Recibido / Received:** 12/12/2019

1

**Aceptado / Accepted:** 10/01/2020

## **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, 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. y otros, 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, 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 y otros, 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 y otros, 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 y otros, 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 y otros, 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 km<sup>2</sup> (Añez, 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 y otros, 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.

El objetivo general de este trabajo es: 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.

Entre los objetivos específicos se puede señalar:

- a. Determinar el estado legal, características 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 antrópico según información satelital para los últimos 30 años
- c. Extrapolar geográficamente la amenaza de cambio de uso de suelo hasta el año 2036.

## 1. 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.

### **a. 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).

### **b. 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 co-varianza.
- 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*).

### **c. Extrapolar geográficamente la amenaza de CUS hasta el año 2036**

Para este objetivo específico, se realizaron los siguientes pasos:

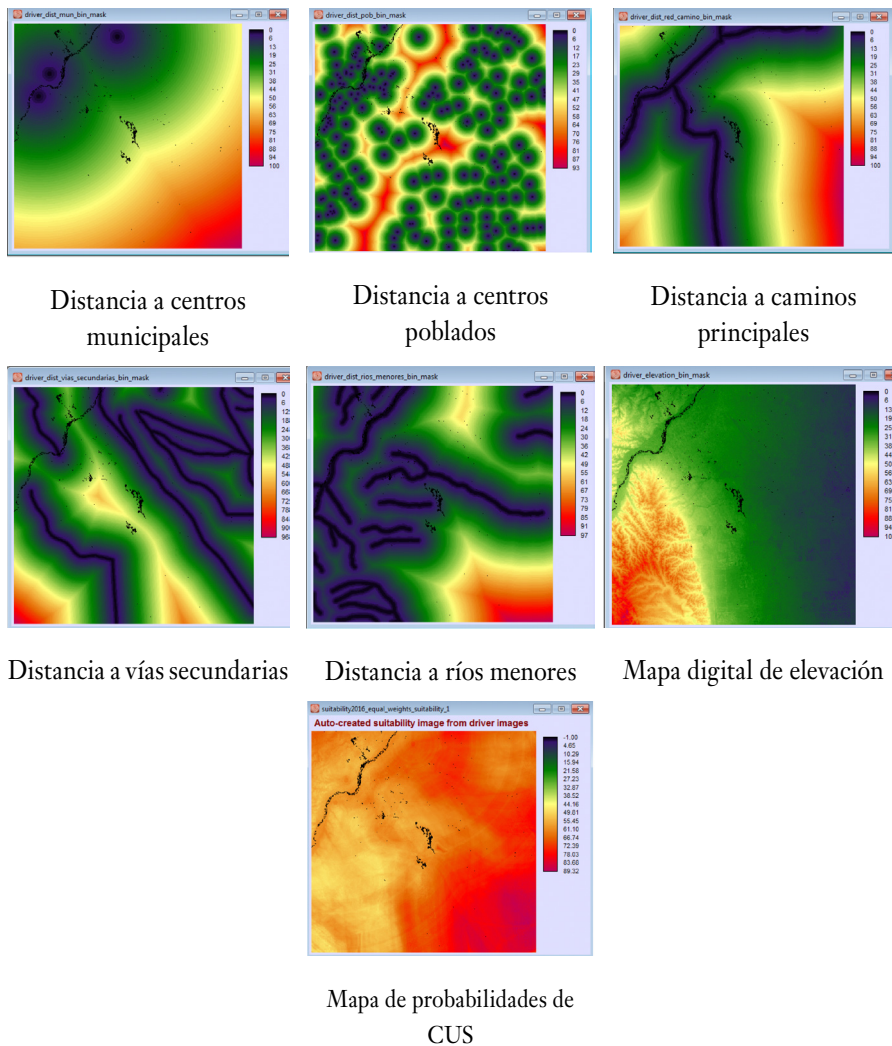
- Se utilizó el modelador geográfico *GEOMOD* creado por investigadores de la Universidad Estatal de Nueva York (Pontius et al., 2001; y Pontius and Malanson, 2005).

- 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)

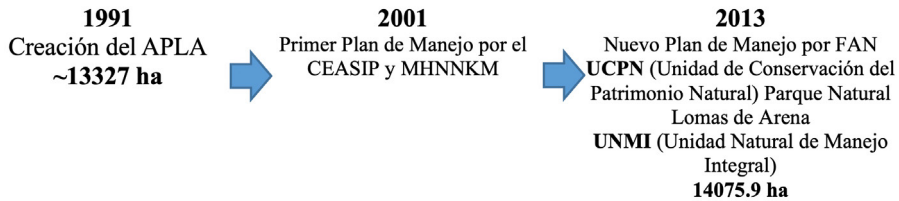


Fuente: Elaboración propia en base a mapas vector y raster de USGS (2017) y uso del software TerrSet (Eastman, 2017)

## 2. Resultados

### a. 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:

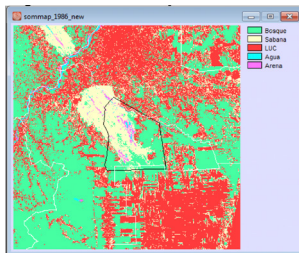


### b. Determinar la tasa de CUS histórica de los últimos 30 años.

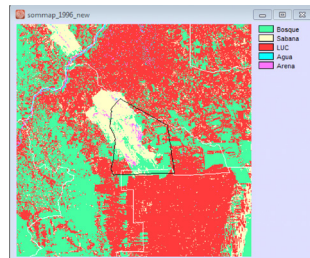
A partir de las siguientes imágenes satelitales (Figura 2), y aplicando la fórmula de deforestación de Puyravaud (2002), se obtuvo una tasa de deforestación de aproximadamente 1654 ha/año para toda la escena.

Figura 2

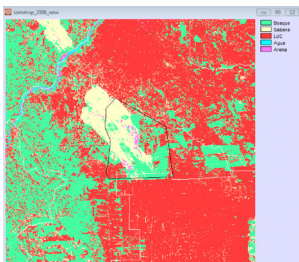
Imágenes satelitales clasificadas en cinco categorías de los años 1986, 1996, 2006, y 2016



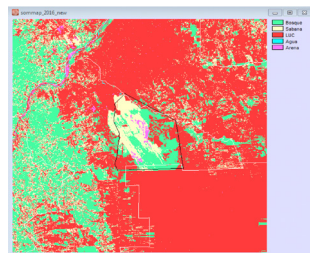
Año 1986, LUC = ~89 483 ha



Año 1996, LUC = ~118 722 ha



Año 2006, LUC = ~122239 ha



Año 2016, LUC = ~136 629 ha

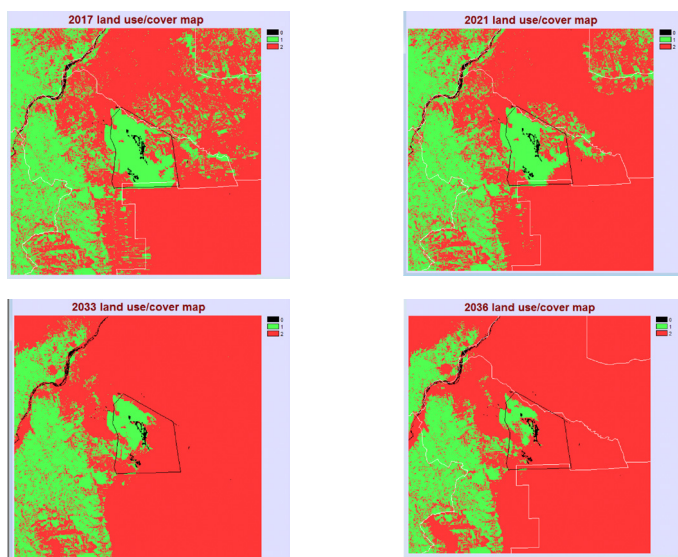
Fuente: Elaboración propia en base a mapas raster de USGS (2017) y uso del software TerrSet (Eastman, 2017)

### c. 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*

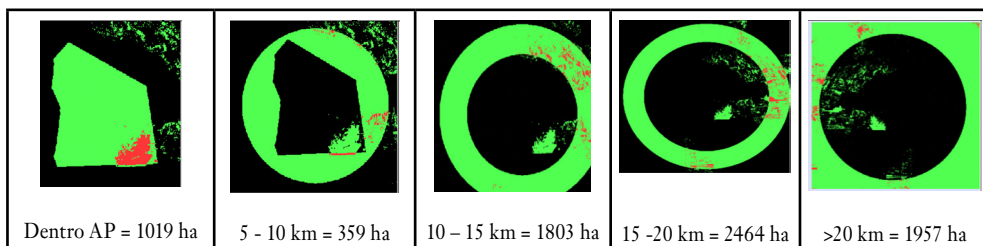
*Algunos mapas proyectados por la herramienta de modelación geográfica GEOMOD mostrando el CUS antrópico hasta el año 2036. Clase 0 = Pixels excluidos de análisis por no ser candidatos de cambio; Clase 1= Cobertura Vegetal Natural; y Clase 3= Cambio de Uso de Suelo antrópico proyectado.*



*Fuente: Elaboración propia en base a mapas raster de USGS (2017) y uso del software TerrSet (Eastman, 2017)*

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):

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



Fuente: Elaboración propia en base a mapas raster de USGS (2017) y uso del software TerrSet (Eastman, 2017)

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

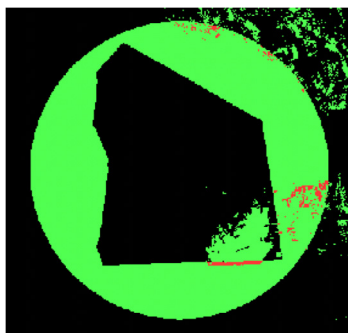
## Conclusiones y Recomendaciones

- 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.
- Hasta el año 2036, esta AP puede perder más del 70% de su área natural si no existen acciones de conservación ni protección.
- Hasta el año 2021, se requieren priorizar esfuerzos de conservación empezando en la parte Sureste del AP que es muy susceptible al cambio.

- Se necesita mayor involucramiento y recursos económicos por parte del Municipio de La Guardia y el municipio de Santa Cruz que añade a los esfuerzos actuales de conservación que realiza la DICOPAN a través de su equipo de guardaparques en el AP Lomas de Arena.
- Se pueden considerar estrategias de investigación, educación, interpretación ambiental, y de turismo como herramientas para su conservación.
- 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.
- 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.
- 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:

- 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.
- 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.



- 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.
- 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.

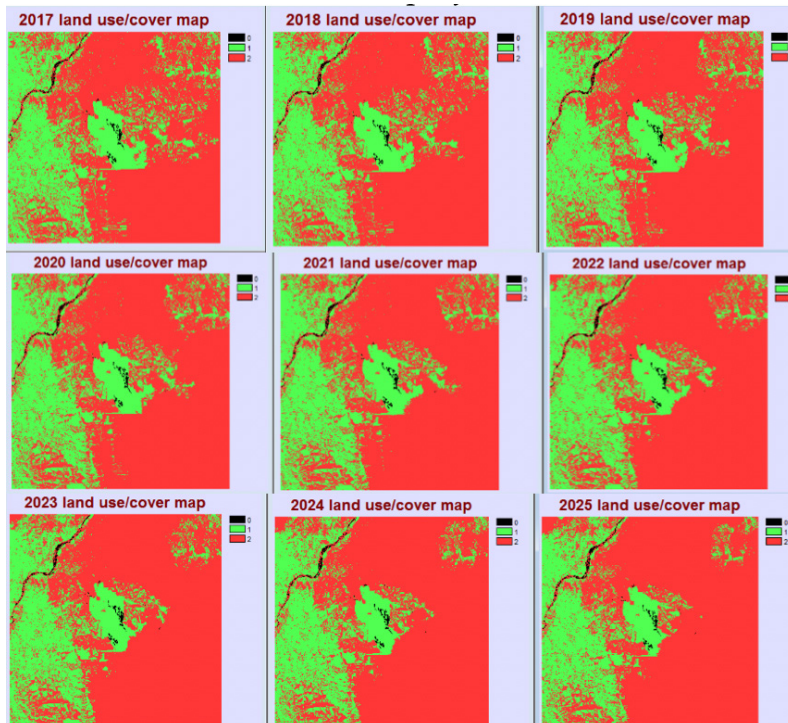
## Bibliografía

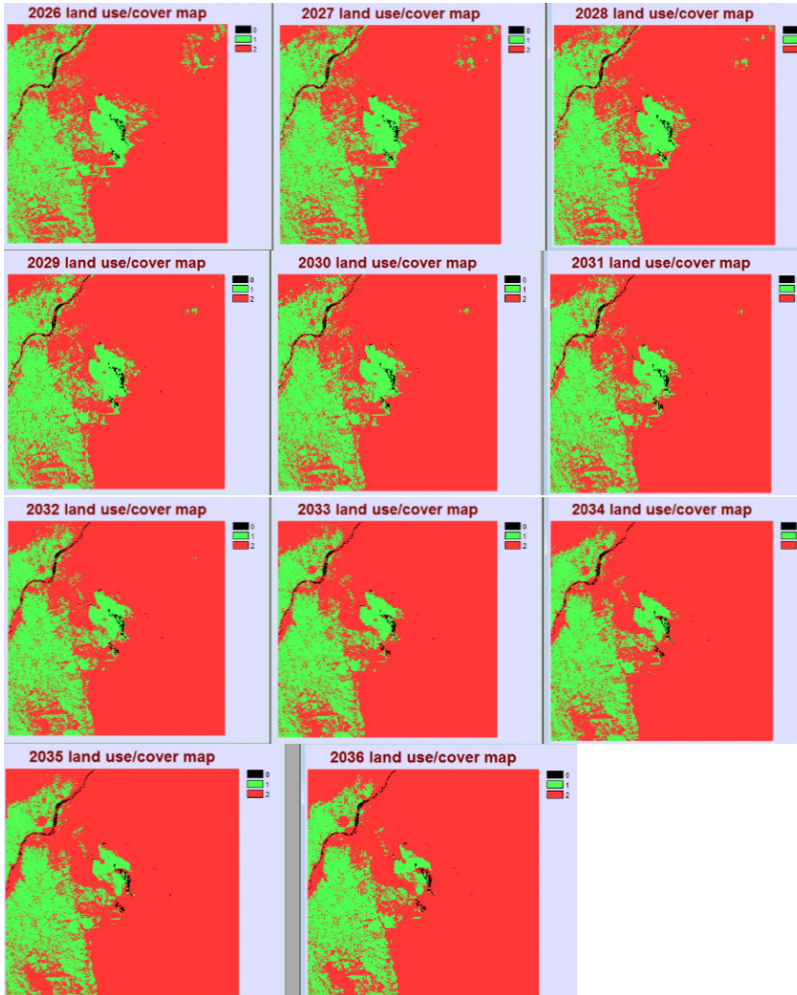
- Añez J. C.** (2014). “Presentación en diapositivas sobre el Estado de las Áreas Protegidas después del Decreto Supremo No. 2366”. Taller organizado por la Gobernación de Santa Cruz y realizado en el Centro de Educación Ambiental. Santa Cruz, Bolivia.
- CityMayors** (2017). “The world’s fastest growing cities and urban areas from 2006 to 2020”. Disponible en: [http://www.citymayors.com/statistics/urban\\_growth1.html](http://www.citymayors.com/statistics/urban_growth1.html)
- FAO** (2009). “Pago por Servicios Ambientales en Áreas Protegidas en América Latina”. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i0822s.pdf>
- Hall, C.; Cleveland, C. and Kaufmann, R.** (1986). *Energy and resource quality: The ecology of the economic process*. New York: John Wiley and Sons.
- Fundación Amigos de la Naturaleza - FAN** (2013). *Plan de manejo del parque departamental y área natural de manejo integrado Lomas de Arena (2013-2022)*. Disponible en: <http://www.santacruz.gob.bo/archivos/AN12072013180520.pdf>
- Harrison J.; Chape, S.; Spalding, M. y Lysenko, I.** (2005). “Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets”. *The Royal Society Publishing*. Disponible en: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/360/1454/443>
- McNeely, J. A.** (1994). “Las áreas protegidas para el siglo XXI: trabajando para proporcionar beneficios a la sociedad”. En *Unasyylva* N° 176.
- Muñoz-Villalobos, J.A.; González J.L.; González, G; Valenzuela, L. y Velásquez, M.** (2011). “Cambio de uso de suelo en el área natural protegida “Sierra de lobos”, municipio de León, Guanajuato, México”. En *Revista Chapingo* 10(2). Durango, México Disponible en: <https://chapingo.mx/revistas/phpscript/download.php?file=completoyid=MjE3Mw>
- Oilwatch y Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales** (2004). “Áreas Protegidas ¿Protegidas contra quién?”. Disponible en: <http://www.oilwatch.org/doc/libros/areasprotegidas.pdf>

**Puyravaud, J.** (2002). "Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation". *For. Ecol. Manage.* 177, 593.

**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". Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2011-019.pdf>

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





Fuente: Elaboración propia en base a mapas raster de USGS (2017) y uso del software TerrSet (Eastman, 2017)



# **Tiempo de retorno para la disminución de la huella energética y de carbono a través de la implementación de un sistema solar fotovoltaico on-grid en la Universidad Católica Boliviana San Pablo – Santa Cruz**

---

## **Return Time of Investment of Energy and Carbon footprint reduction through an On-grid Photovoltaic System at the Bolivian Catholic University in Santa Cruz**

---

*Alison Guzmán*

Sociedad de Investigación Científica Estudiantil de Arquitectura (SICEA)  
Carrera de Arquitectura  
Universidad Católica Boliviana San Pablo – Santa Cruz  
sicea.arq.ucb.scz@gmail.com  
alison.agz@gmail.com

*Mirka Mollinedo*

Sociedad de Investigación Científica Estudiantil de Arquitectura (SICEA)  
Carrera de Arquitectura  
Universidad Católica Boliviana San Pablo – Santa Cruz  
sicea.arq.ucb.scz@gmail.com

*Mirko Montecinos*

Sociedad de Investigación Científica Estudiantil de Arquitectura (SICEA)  
Carrera de Arquitectura  
Universidad Católica Boliviana San Pablo – Santa Cruz  
sicea.arq.ucb.scz@gmail.com

*Vianka Terrazas*

Sociedad de Investigación Científica Estudiantil de Arquitectura (SICEA)  
Carrera de Arquitectura  
Universidad Católica Boliviana San Pablo – Santa Cruz  
sicea.arq.ucb.scz@gmail.com