



OBSERVATORIO  
BOSQUE SECO  
CHIQUITANO

# PÉRDIDA DE LA COBERTURA NATURAL (1986-2019) Y ESCENARIOS A FUTURO (2050) EN EL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ

INFORME  
TÉCNICO

# PÉRDIDA DE LA COBERTURA NATURAL (1986-2019) Y ESCENARIOS A FUTURO (2050) EN EL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ

Santa Cruz, agosto de 2020

**Autores**

Oswaldo Maillard  
Marcio Flores-Valencia  
Ruth Anívarro

**Revisores y colaboradores**

Roberto Vides-Almonacid  
Rosa Leny Cuellar  
Huáscar Azurduy  
Reinaldo Flores  
Javier Coimbra

**Diagramación**

Aimara Barrero

**Fotografías**

Daniel Coimbra

Cita de referencia: Maillard, O., R. Anívarro & M. Flores-Valencia. 2020. Pérdida de la cobertura natural (1986-2019) y proyecciones de escenarios a futuro (2050) en el Departamento de Santa Cruz. Informe técnico del Observatorio Bosque Seco Chiquitano, Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano, Santa Cruz, Bolivia, 55 pag.

*«La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero de la Unión Europea. Su contenido es responsabilidad exclusiva de Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano y no necesariamente refleja los puntos de vista de la Unión Europea».*



Cofinanciado por  
la Unión Europea

Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano (FCBC). Av. Ibérica calle 6 Oeste 95, esq.  
Puerto Busch, Barrio Las Palmas. Santa Cruz, Bolivia.  
[www.fcbc.org.bo](http://www.fcbc.org.bo)



## RESUMEN

El presente reporte indica que en el Departamento de Santa Cruz, entre 1986 y 2019 las áreas modificadas por acción humana (antrópicas) se han incrementado de 1 millón de hectáreas a 6,2 millones de hectáreas; de continuar esta tendencia, la proyección indica que el incremento llegará 20,4 millones de hectáreas el año 2050, lo que implica poco más de 14 millones de hectáreas de incremento. Sobre el bosque, el año 1986 el Departamento tenía una extensión de 29,8 millones de hectáreas, al 2019, dicha extensión se ha reducido a 25,1 millones de hectáreas lo que significa que cerca de 5 millones de hectáreas fueron deforestadas en ese periodo de tiempo. Si esta tendencia se mantiene, se espera que al 2050 la extensión boscosa se reduzca a 12,8 millones de hectáreas. Consideraciones adicionales se hacen sobre vegetación herbácea y cuerpos de agua, aplicando los mismos criterios a la pérdida de la cobertura natural en las Tierras de Producción Forestal Permanente (TPFP). Mapas, escenarios, datos gráficos a nivel municipal, recomendaciones para tomadores de decisión y todo el proceso metodológico, son también presentados.

# ÍNDICE

ACERCA DEL OBSERVATORIO	9	■ Pérdida de la cobertura natural a nivel municipal	26
INTRODUCCIÓN	11	RECOMENDACIONES PARA TOMADORES DE DECISIÓN	32
DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ	14	AGRADECIMIENTOS	35
RESULTADOS	16	REFERENCIAS	36
■ Pérdida de la cobertura natural a nivel departamental	16	ANEXOS	39
■ Pérdida de la cobertura natural en las Tierras de Producción Forestal Permanente (TPFP)	23		



## ACERCA DEL OBSERVATORIO

El Bosque Seco Chiquitano es el bosque seco tropical más extenso y aún mejor conservado de Sudamérica. Sin embargo, la dinámica de cambios socio-económicos están poniendo en riesgo su viabilidad e integridad ecológica a largo plazo. Su valor como patrimonio natural de Bolivia y América Latina, su rol como soporte para los medios de vida de sus pobladores locales, para la producción agropecuaria y forestal sustentable y su reconocimiento internacional como el Bosque Modelo más grande del mundo, impulsa a evaluar de manera periódica y objetiva su estado de salud ecológica.

El Observatorio del Bosque Chiquitano (OBSCCh), que nace como una iniciativa de la FCBC y que en la actualidad cuenta con el apoyo del Proyecto ECCOS co-financiado por la Unión Europea, tiene como objetivo proveer información oportuna sobre el estado actual del Bosque Chiquitano y ecosistemas vinculados y las proyecciones a futuro de los cambios que podrían poner en riesgo su integridad ecológica, basados en indicadores biológicos, ecológicos y sociales.

Dentro del plan de monitoreo del OBSCCh, está previsto proveer información a escala regional de manera periódica sobre diferentes amenazas y que pueden

poner en riesgo la integridad ecológica de los ecosistemas. Esta información será colocada en la página web del OBSCh como también se hará llegar el reporte o documento digital a diferentes instancias de decisión para mantenerlos informados.

Desde el año 2018 se comenzó a trabajar en la publicación de artículos de divulgación científica, informes y reportes técnicos y material de difusión para un amplio público. Entre los informes más destacados del 2019 fue el Diagnóstico por teledetección de las áreas quemadas en la Chiquitania, que ha servido como un instrumento para la toma de decisión en la restauración de ecosistemas en la región, así también informes sobre el estado de las cuencas en la Chiquitania que dan alertas sobre riesgos de escasez de agua, y también sobre el estado de las áreas protegidas (p.ej., Laguna Marfil). En esta ocasión, presentamos este informe, que pretende mostrar la pérdida de la cobertura natural para el departamento de Santa Cruz.

# INTRODUCCIÓN

La población del departamento de Santa Cruz se incrementó de 244,6 mil habitantes en el año 1950 a más de 2,6 millones en el 2012, y se estima que para el año 2019 esta cifra se habría elevado a 3,3 millones (Instituto Nacional de Estadísticas, [www.ine.gob.bo](http://www.ine.gob.bo)). Es justamente desde la década de los 50`s que los procesos de colonización, la construcción de infraestructura caminera y los incentivos económicos originaron una enorme presión hacia los ecosistemas naturales, especialmente en el área de las rutas troncales (Villegas & Martínez 2009), sumado al otorgamiento de las amnistías por deforestación ilegal en los últimos años por el anterior gobierno nacional (FAO 2018), así como las políticas agrícolas y económicas que se implementaron (Romero-Muñoz *et al.* 2019). Como resultado, las tendencias de la tasa de cambio de la cobertura del paisaje natural fueron en constante aumento, principalmente bajo la expansión de la ganadería, la agricultura mecanizada de mediana y gran escala, y la agricultura a pequeña escala, sobre todo en las tierras bajas del departamento (Müller *et al.* 2012, Müller *et al.* 2014).

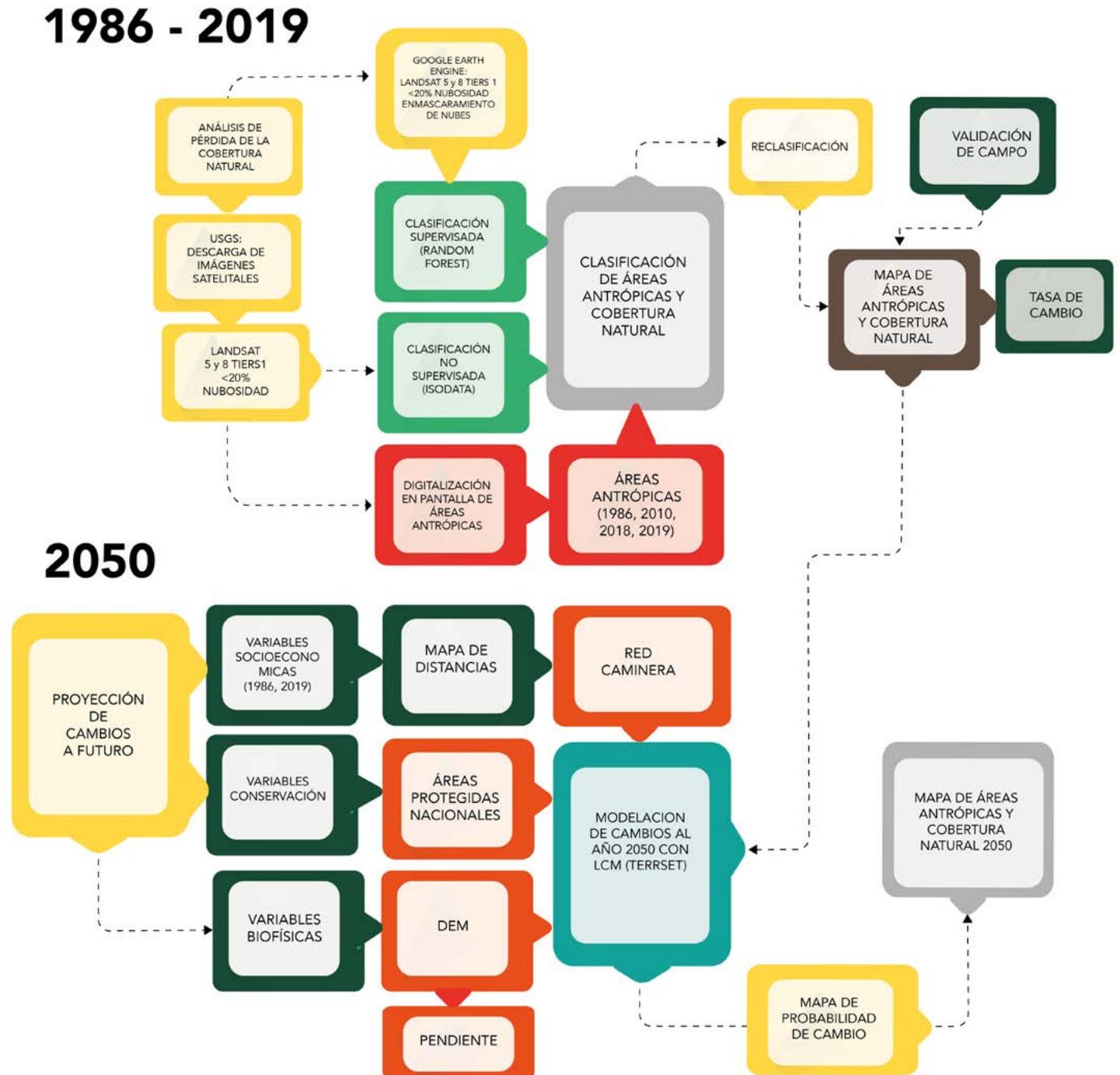
Durante las últimas tres décadas se han realizado esfuerzos notables para poder medir estos cambios de la pérdida de la cobertura natural en todo el país. Estudios como los de Killeen *et al.* (2007) proporcionan estimaciones sobre la defores-

tación para el periodo 1976-2004, Cuéllar *et al.* (2012) reportaron estos procesos para el periodo 2000-2010, el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (2013) sobre el cambio de cobertura para el periodo 1990-2010 con información adicional sobre regeneración, y la Autoridad de Fiscalización y Control de Bosques y Tierra (ABT) con reportes anuales ([www.abt.go.bo](http://www.abt.go.bo)) En años recientes se han generado análisis automatizados vinculados a plataformas interactivas que permiten evaluar estos cambios a una escala global ( <https://www.globalforestwatch.org/>) y regional (<https://amazonia.mapbiomas.org/>). Además, se han incrementado las modelaciones espaciales para predecir, en una serie de tiempo hacia el futuro, el cambio de uso de la tierra a diferentes escalas del paisaje (Sangermano *et al.* 2012, Müller *et al.* 2014, Vides-Almonacid *et al.* 2015, Tejada *et al.* 2015, Maillard 2018, Maillard *et al.* 2018, Maillard *et al.* 2019).

En este reporte, se presentan los resultados de un análisis espacial en base a sensores remotos y proyección de escenarios de cambio a futuro (Fig. 1, Anexo 1), lo que ha permitido determinar la pérdida de la cobertura natural en el departamento de Santa Cruz, las Tierras de Producción Forestal Permanente (TPFP), y los municipios para este departamento, en el período 1986 al 2019, y la proyección hasta el año 2050.

Figura 1

Flujograma de análisis espacial en base a sensores remotos y proyección de escenarios de cambio a futuro.



## DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ

El área de estudio comprende el departamento de Santa Cruz, una región administrativa del Estado Plurinacional de Bolivia, compuesta por 56 municipios. Este departamento comprende 369.006 km<sup>2</sup> y se encuentra ubicado entre la latitud 13°40'–20°20'S y la longitud 57°30'–64°40'W (Fig. 1). La región presenta una llanura plana a ondulada con serranías bajas dispersas menores a 1.250 m, en el oeste (región andina), las elevaciones llegan hasta aproximadamente los 3.100 m.



# RESULTADOS

## Pérdida de la cobertura natural a nivel departamental

### **Antrópico**

Los resultados obtenidos de la clasificación de imágenes satelitales para el periodo 1986-2019, evidencian una reducción de la cobertura natural en Santa Cruz (Fig. 3-5, Anexo 1). Esta reducción se debe a un incremento de áreas de uso antrópico producido principalmente por el avance la frontera agrícola, ganadera, urbana y la apertura de caminos (Fig. 3-5, Anexo 1). Estas áreas se extendieron dramáticamente de un 2,9 % (1 MM ha) en 1986, a 11,6% en 2010 (4,3 MM ha), incrementándose a 16,1% en 2018 (5,9 MM ha) y alcanzando un 16,9% en el 2019 (6,2 MM ha). Hasta el 2050 estimamos un crecimiento del área de uso antrópico hasta el 55,3% (20, 4 MM ha) (Fig. 6, Anexo 1) en el escenario de una pérdida adicional de la cobertura natural de 14,1 MM ha (Anexo 2).

### **Bosques**

En el año 1986 la superficie boscosa presentaba una proporción de 80,8% (29,8 MM ha) en relación a total de todo el departamento, la cual se redujo a 72,7% en 2010 (26,8 MM ha), 68,9% en 2018 (25,4 MM ha) y 68,3% en el 2019 (25,1 MM ha)

(Fig. 3-5, Anexo 1). La tasa anual de la deforestación para el periodo 1986-2010 fue de -0,08%, -0,24% en el periodo 2010-2019 y -0,16% entre los años 2018 y 2019. Si esta tendencia de cambio continúa se espera que hasta el año 2050, la cobertura boscosa se podría reducirse hasta un 34,9% en relación al total del departamento de Santa Cruz (12,8 MM ha) (Fig. 6, Anexo 1) en el escenario de una pérdida de 12,3 MM ha de bosques (Anexo 2), lo cual supone una tasa de la deforestación del -0,49%.

### **Vegetación herbácea/arbustiva y afloramientos rocosos**

El área de cobertura natural no boscosa (p.ej., vegetación del cerrado, chaparrales del abayoy, lajas, sabanas naturales y arboladas), también muestra una reducción para el periodo 1986-2019 (Fig. 3-5, Anexo 1). Para el año 1986 presentaba una proporción de 15,9% (5,8 MM ha), cifra que tuvo un cambio a 15,2% en 2010 (5,6 MM ha), 14,5% en 2018 (5,4 MM ha) y 14,4% en el 2019 (5,3 MM ha). Hasta el 2050, en el escenario potencial de una pérdida de 1,8 MM ha de esta cobertura (Anexo 2), estimamos que se reduzca hasta en un 9,3% (3,4 MM ha) en proporción a la superficie del departamento (Fig. 6, Anexo 1).

## Cuerpos de agua

Los cuerpos de agua superficiales permanentes (p.ej., lagunas) no sobrepasan el 0,5% del total del departamento de Santa Cruz, y su dinámica de cambios muestra un leve incremento en el periodo comprendido entre 1986 y 2019 (Fig. 4-5, Anexo 1). En el año 1986 presentaba una superficie de 173,8 mil ha, aumentado a 174 mil ha en 2010, 174,2 mil ha en 2018 y 174,3 mil ha en el 2019. Los escenarios de cambios para el año 2050 muestran un incremento leve de la superficie (1,1 mil ha) (Anexo 2).



Tendencias del incremento de las A) áreas antrópicas, y la pérdida de la cobertura de las B) áreas boscosas, y C) no boscosas, en el Departamento de Santa Cruz para el periodo 1986-2019.

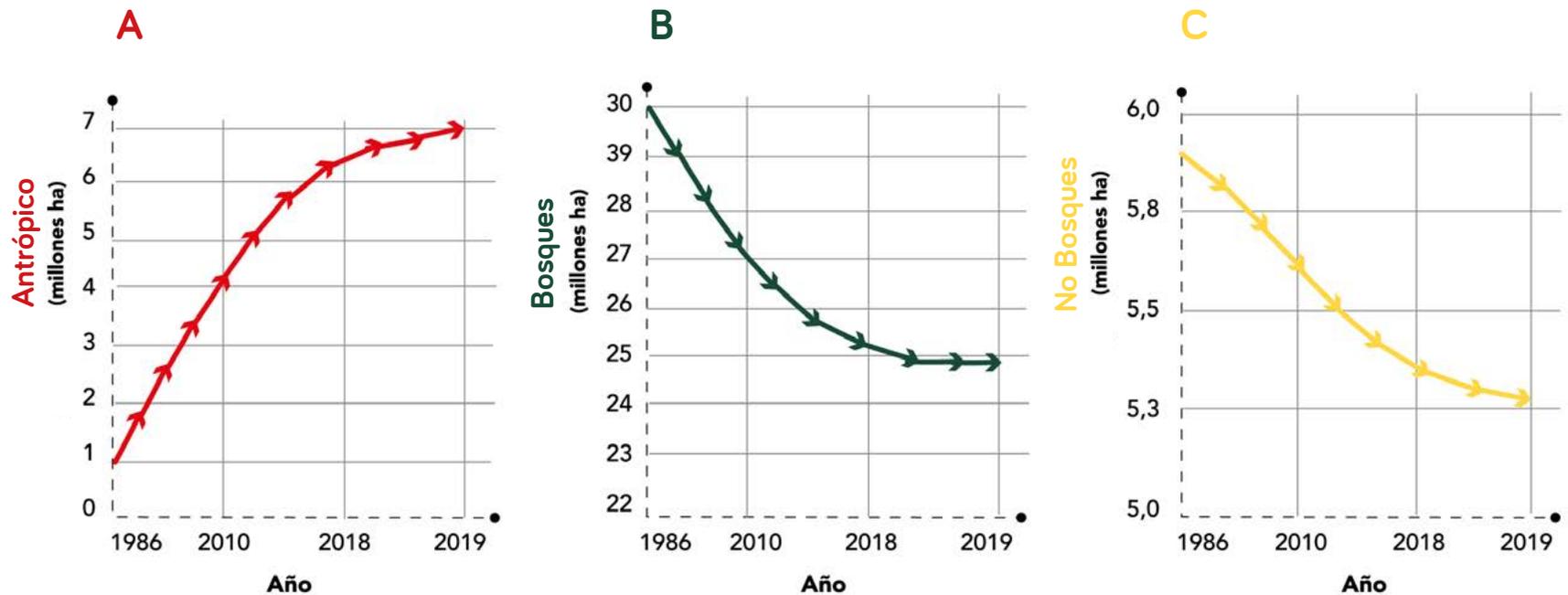


Figura 3

## Cobertura natural y área antrópica en el Departamento de Santa Cruz para los años 1986 y 2010.

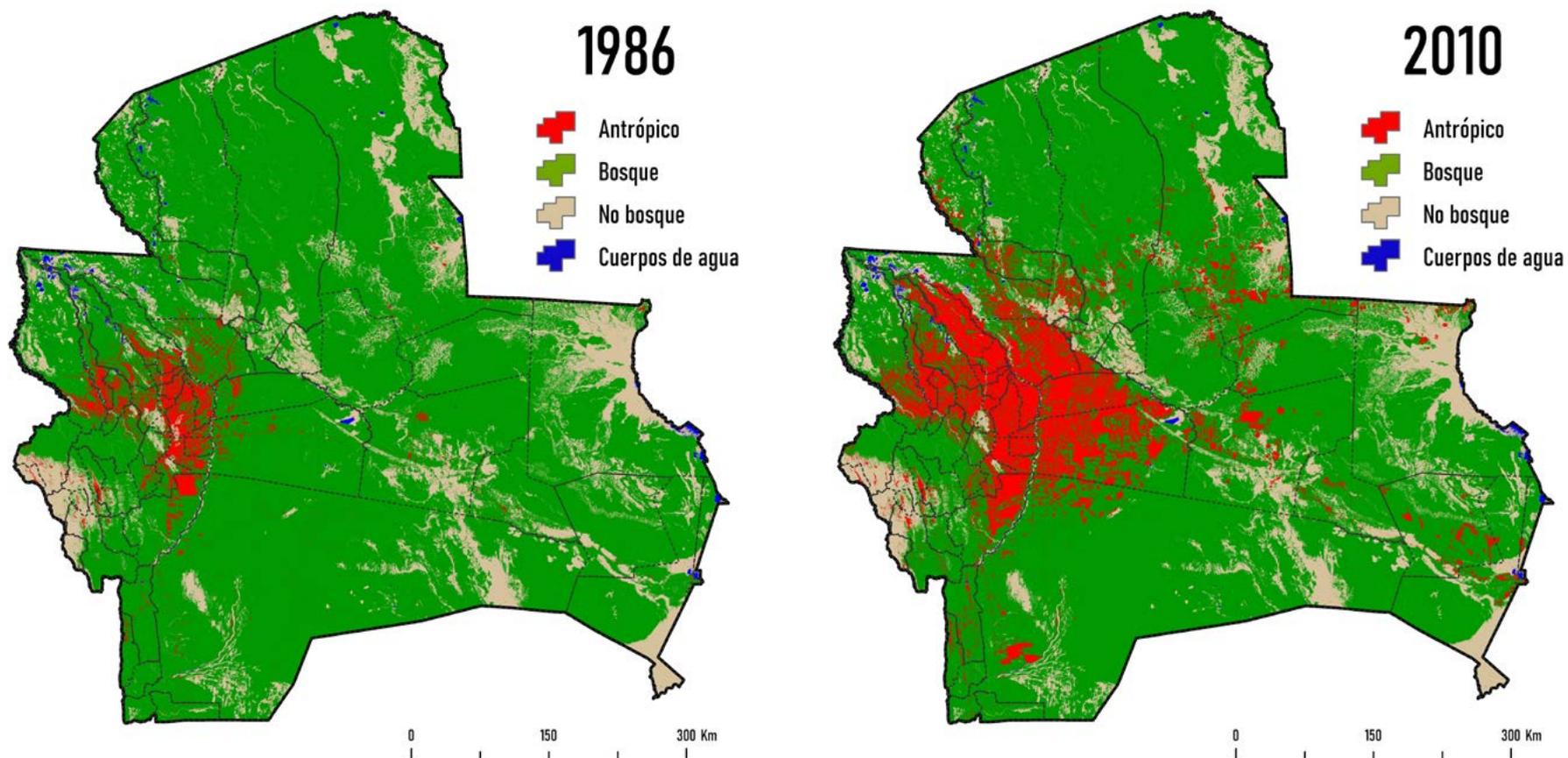
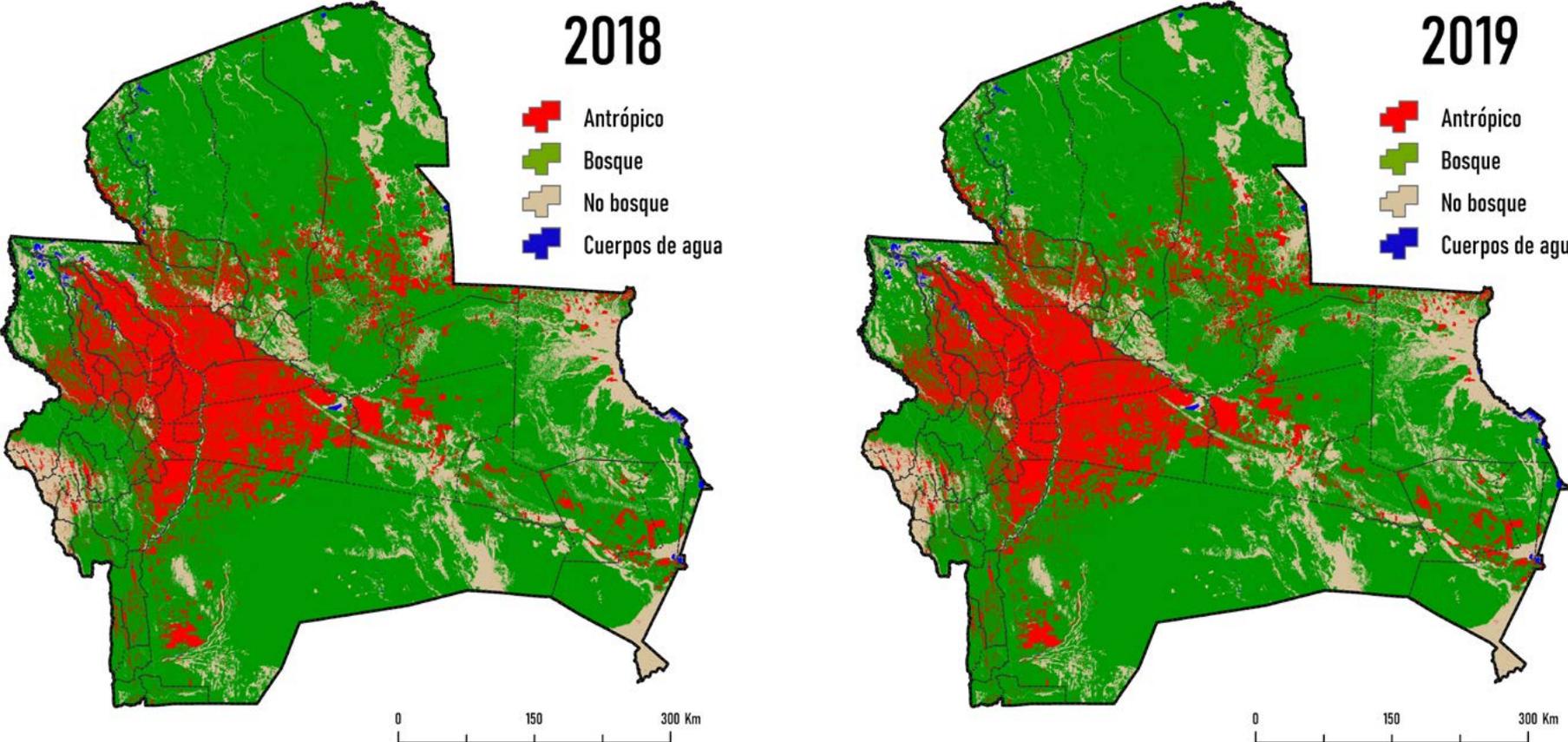


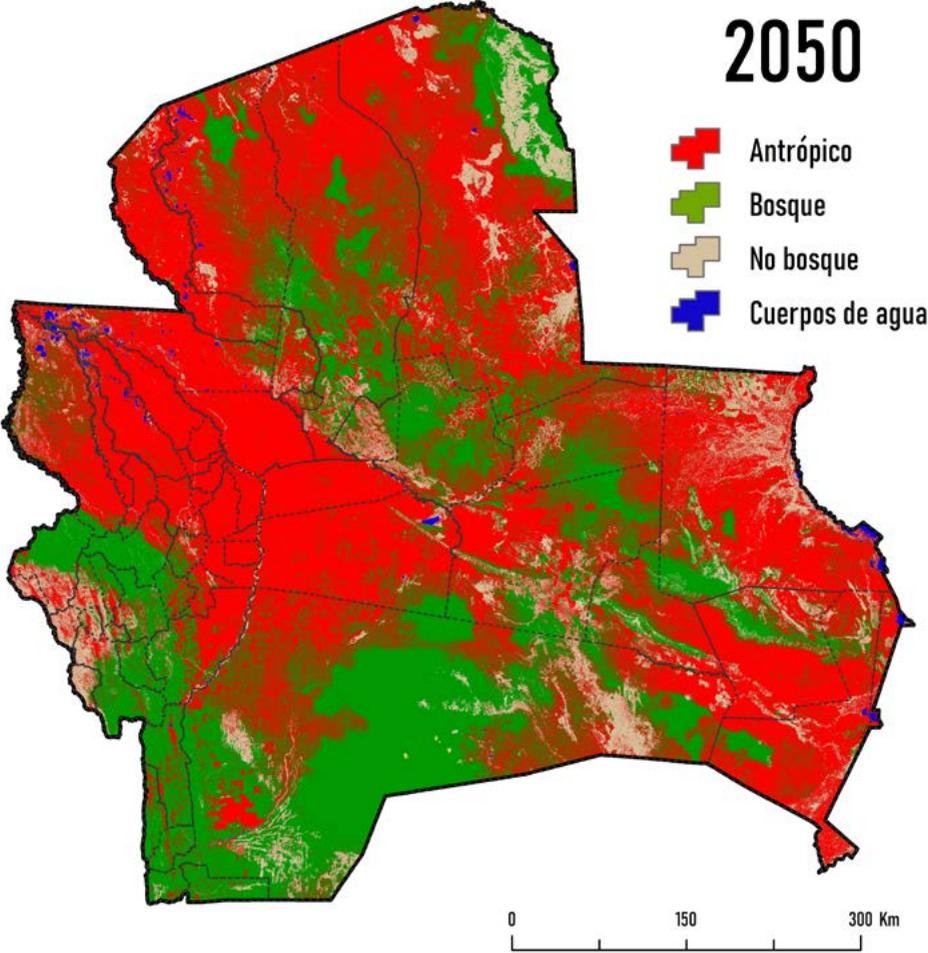
Figura 4

# Cobertura natural y área antrópica en el Departamento de Santa Cruz para los años 2018 y 2019.



**Figura 5**

Cobertura natural y área antrópica en el Departamento de Santa Cruz para los escenarios de proyección de cambio hasta el año 2050.



**Figura 6**

# Pérdida de la cobertura natural en las Tierras de Producción Forestal Permanente (TPFP)

## **Antrópico**

En las áreas de las TPFP, se ha evidenciado un incremento en la superficie de las áreas de uso antrópico (Fig. 7), de un 0,3% (42,1 mil ha) en 1986, a 3,4% en 2010 (554,8 mil ha), incrementándose a 5,9% en 2018 (972,3 mil ha) y alcanzando un 6,5% en el 2019 (1 MM ha) (Anexo 4). Hasta el 2050 estimamos un crecimiento del área de uso antrópico en las TPFP de hasta el 56,7% (9,3 MM ha) (Anexo 4) en el escenario de una pérdida adicional de la cobertura natural de 8,2 MM ha (Anexo 5).

## **Bosques**

En el año 1986 la superficie boscosa en las TPFP presentaba una proporción de 89,9% (14,7 MM ha), la cual se redujo a 86,9% en 2010 (14,2 MM ha), 84,6% en 2018 (13,8 MM ha) y 84% en el 2019 (13,7 MM ha) (Fig. 7, Anexo 4). Si esta tendencia de cambio continúa se espera que hasta el año 2050, la cobertura boscosa en las TPFP se podría reducir hasta un 37,5% (6,1 MM ha) (Fig. 7, Anexo 4) en el escenario de una pérdida adicional de 7,6 MM ha de bosques (Anexo 5).

## **Vegetación herbácea/arbustiva y afloramientos rocosos**

El área de cobertura natural no boscosa en las TFPF también muestra una reducción para el periodo 1986-2019 (Fig. 7, Anexo 4). Para el año 1986 presentaba una proporción de 9,4% (1,5 MM ha), la cual se redujo a 9,3% en 2010 (1,5 MM ha), 9,1% en 2018 y 2019 (1,4 MM ha). Hasta el 2050, en el escenario potencial de una pérdida de 602,5 mil ha de esta cobertura (Anexo 4), estimamos que se reduzca hasta en un 5,4% (882 mil ha) en proporción a la superficie del departamento (Anexo 5).

## **Cuerpos de agua**

Los cuerpos de agua superficiales permanentes no sobrepasan el 0,4% del total de las TFPF, y su dinámica de cambios muestra una leve reducción en el periodo comprendido entre 1986 y 2019 (Anexo 4). En el año 1986 presentaba una superficie de 68,7 mil ha, aumentado a 68,6 mil ha en el 2019. Los escenarios para el año 2050 no muestran un cambio en la superficie (Anexo 5).

Tendencias del incremento de las A) áreas antrópicas, y la pérdida de la cobertura de las B) áreas boscosas, y C) no boscosas, en las Tierras de Producción Forestal Permanente (TPFP) para el periodo 1986-2019.

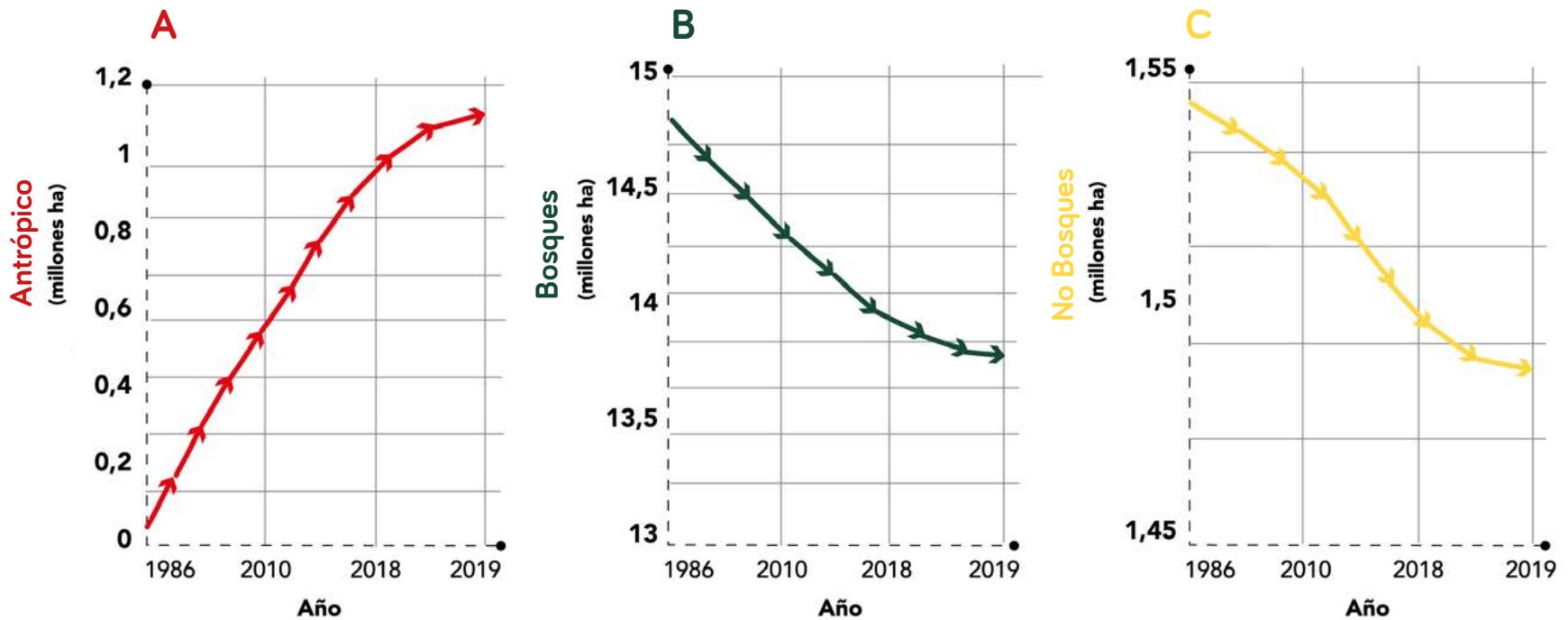


Figura 7

# Pérdida de la cobertura natural a nivel municipal

## **Antrópico**

En el Departamento de Santa Cruz, los municipios donde se evidenciaron las mayores concentraciones de pérdida de la cobertura natural en el periodo 1986-2010 fueron Pailón (589,9 mil ha), Cuatro Cañadas (282,4 mil ha) y San Julián (276 mil ha). En tanto que para el periodo 2010-2018, San Ignacio de Velasco (229,2 mil ha), Pailón (217,6 mil ha) y Charagua (181,5 mil ha) fueron los municipios donde se incrementó la reducción de áreas boscosas y vegetación herbácea/arbusativa (Anexo 6). Mientras que para el periodo 2018-2019, San Ignacio de Velasco (48,9 mil ha), San José (32,5 mil ha) y Pailón (26,4 mil ha) fueron los tres municipios con la mayor superficie de uso antrópico (Anexo 6).

Hasta el año 2019, la superficie acumulada de las áreas de uso antrópico se concentró principalmente en los municipios de Pailón (870,1 mil ha), San Ignacio de Velasco (508 mil ha), San Julián (432 mil ha), Charagua (403,9 mil MM ha) y Cuatro Cañadas (375,4 mil MM ha) (Fig. 8).

Es estima que hasta el 2050 los municipios que tendrían una mayor pérdida acumulada serán San Ignacio de Velasco (2,8 MM ha) Charagua (2,0 MM ha), Concepción (1,7 MM ha), San Matías (1,7 MM ha) y Pailón (1,1 MM ha) (Anexo 6).

## **Bosques**

Para el área boscosa, se evidencia una mayor pérdida de la superficie de bosque en el periodo 1986-2010 en los municipios de Pailón (583 mil ha), Cuatro Cañadas (282,1 mil ha) y San Julián (264,4 mil ha) (Anexo 7). En el periodo 2010-2018, fueron Pailón (216,8 mil ha), San Ignacio de Velasco (180,2 mil ha) y Charagua (178,4 mil ha). En cambio, San Ignacio de Velasco (40,2 mil ha), San José (26,8 mil ha) y Pailón (25,6 mil ha) fueron los municipios con la mayor cantidad de superficie perdida para 2018-2019 (Anexo 7).

Los municipios con mayor cobertura boscosa hasta el año 2019 son Charagua (5,9 MM ha), San Ignacio de Velasco (3,6 MM ha), Concepción (2,5 MM ha), San Matías (1,6 MM ha), Urubichá (1,4 MM ha) y San José (1,2 MM ha) (Fig. 8).

Hasta el 2050 los municipios que podrían presentar la mayor superficie boscosa son Charagua (4,3 MM ha), San Ignacio de Velasco (1,3 MM ha), Concepción (1,0 MM ha), San José (746,4 mil ha) y San Miguel (548,8 mil ha) (Anexo 7).

## **Vegetación herbácea/arbustiva y afloramientos rocosos**

En cuanto al área no boscosa, los municipios con mayor pérdida de la superficie de esta cobertura en el periodo 1986-2010 fueron San Ignacio de Velasco (45,6 mil ha), San Pedro (42,4 mil ha) y San Matías (30,9 mil) (Anexo 8). En el periodo 2010-2018, se evidencian los municipios de Santa Ignacio de Velasco (49,1 mil

ha), San Matías (30,9 mil ha) y Concepción (20,6 mil ha), donde se produjeron los cambios más notables. Sin embargo, entre los años 2018 y 2019 se registran los mayores cambios de pérdida en San Ignacio (8,7 mil ha), San José (5,7 mil ha) y San Matías (4,9 mil ha) (Anexo 8).

Hasta el año 2019, este estudio identifica que la mayor superficie de área no boscosa se concentra en los municipios de San Matías (917,6 mil ha), San Ignacio de Velasco (799,5 mil ha), Charagua (762,6 mil ha), Puerto Suárez (361,3 mil ha) y San José (310,1 mil ha) (Fig. 9).

Las estimaciones de cambio hasta el 2050, identifican que los municipios del Departamento de Santa Cruz que tendrían una mayor superficie de esta cobertura son San Ignacio de Velasco (668,2 mil ha), Charagua (615,4 mil ha), San Matías (540,0 mil ha), San José (206,2 mil ha) y Puerto Suarez (142,7 mil ha) (Anexo 8).

## **Cuerpos de agua**

En cuanto la cobertura de agua superficial permanente para el año 2019, a nivel municipal se identifican a San Matías (37,7 mil ha), El Puente (23,5 mil ha), Yapananí (22,2 mil ha), Urubichá (14,8 mil ha) y Santa Rosa del Sara (14 mil ha), como los municipios con mayor superficie (Fig. 9, Anexo 9). Los escenarios de cambios para el año 2050 muestran cambios leves (Anexo 9).

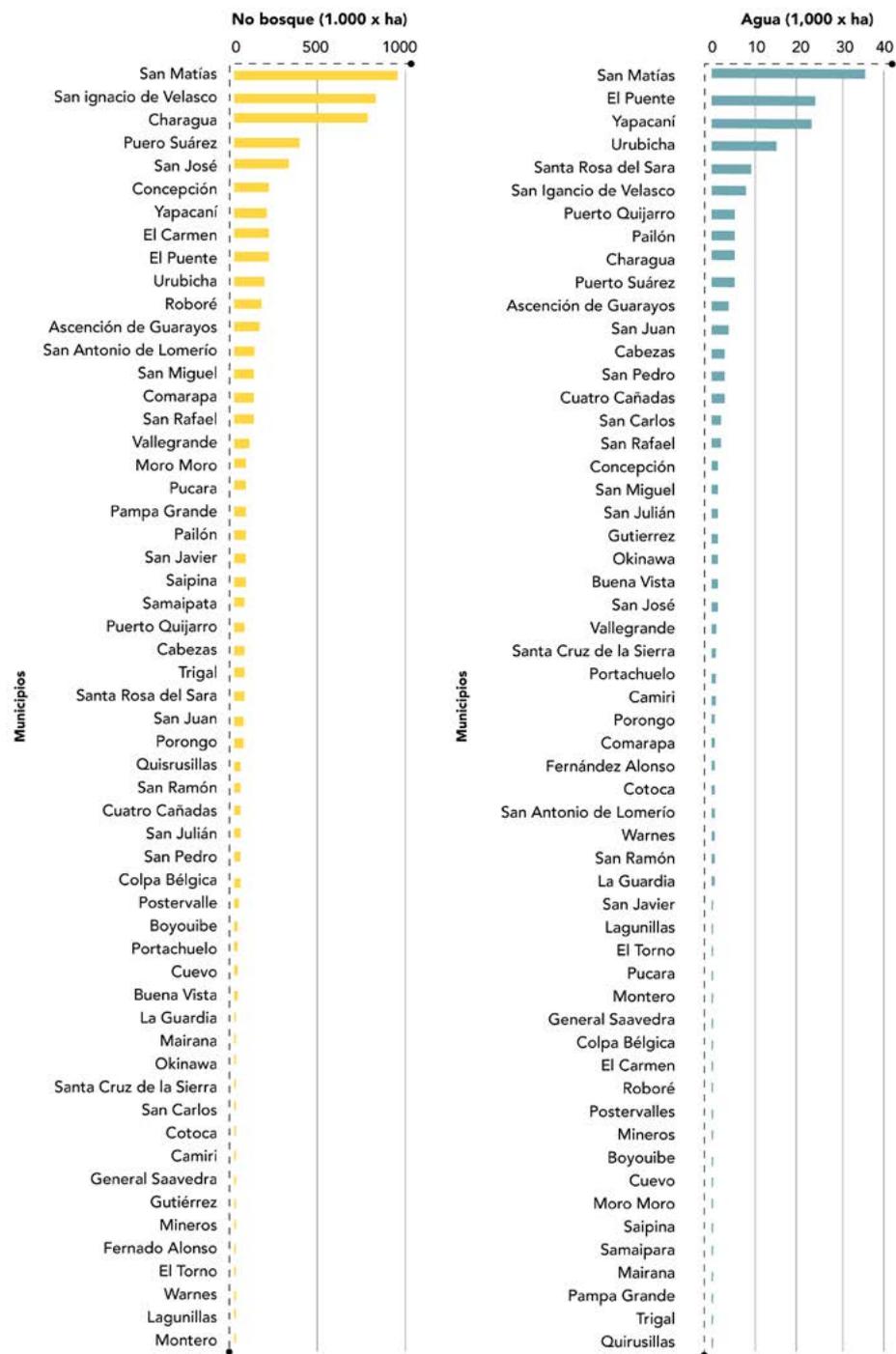
**Figura 8**

Superficie del área boscosa y antrópica para el año 2019, en los municipios del Departamento de Santa Cruz.



**Figura 9**

Superficie del área no boscosa y cuerpos de agua superficiales para el año 2019, en los municipios del Departamento de Santa Cruz.





# RECOMENDACIONES PARA LOS TOMADORES DE DECISIÓN

Puntos clave a sugerir a los tomadores de decisión en base al diagnóstico de la pérdida de cobertura y las proyecciones futuras:

- 1** Que las autoridades correspondientes verifiquen que el cambio de uso del suelo se encuentre de acuerdo al uso mayor a escala departamental (PLUS, PDOT, Planes de Manejo para AP), tomando en cuenta especialmente la pérdida de cobertura de bosques sobre las Tierras de Producción Forestal Permanente (TPFP), Áreas Protegidas y Unidades de Conservación del Patrimonio Natural.
- 2** En base a los escenarios de proyecciones a futuro, analizar con especial atención las áreas propensas al cambio de uso del suelo, en aquellos municipios que podrían presentar la mayor pérdida de cobertura natural.
- 3** Que los instrumentos de ordenamiento a escala predial y comunal sean elaborados con un enfoque de conservación de bosques, en base a la zonificación escala municipal y departamental actualizados.

- 4** Que las autoridades competentes promuevan la protección de servidumbres ecológicas y áreas de bosque, que contribuyan a la conectividad a escala de paisajes.
- 5** Los municipios deben incorporar en sus PTDI, normativas específicas para reducir la presión sobre los bosques naturales, especialmente en las zonas protectoras de fuentes de agua, conectividad entre áreas protegidas, etc.
- 6** Revisión de las normativas públicas (p.ej., Ley 741) que impulsan la expansión de la frontera agrícola y la fragmentación de bloques de bosque continuos.
- 7** Conformar un equipo técnico de trabajo interinstitucional (municipios, organizaciones de la sociedad civil, autoridades correspondientes) que operativice acciones de prevención, monitoreo y manejo de fuego, ocupación ilegal, desmonte, etc.

- 8** Fomentar el uso forestal/agroforestal basada en la planificación en predios, territorios indígenas y campesinos.
- 9** Desarrollar prácticas sustentables de producción agropecuaria, sin deforestación, competitivas con la producción convencional.
- 10** Fortalecer sinergias y acciones multisectoriales internas con enfoque de manejo ecosistémico.



## AGRADECIMIENTOS

A Sixto Angulo, William Alfaro, Tito Arana, Huáscar Azurduy, Roger Coronado, Daniel Coimbra, Reinaldo Flores, Rossy Montaña, Weimar Torres, Edgar Viveros, Karla Villegas (SERNAP), por su ayuda en la obtención de datos de campo para la validación de la cobertura. Andrea Markos y Weimar Torres asistieron en el proceso de clasificación para algunos años del análisis.

# REFERENCIAS

**Breiman, L.** 2001. Random forests. *Machine Learning* 45: 5-32.

**Cuéllar, S.,** A. Rodríguez, J. Arroyo, S. Espinoza, & D. M. Larrea. 2012. Mapa de deforestación de las tierras bajas y los yungas de Bolivia 2000-2005-2010. Proyección Sistema de Coordenadas Geográficas Datum WGS84, Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN), Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 1 Mapa col. 75x70 cm

**Eastman, R. J.** 2015. *TerrSet Manual*. Clark University.

**Eastman, J.R.,** M.E. Van Fossen & L.A. Solorzano. 2005. Transition potential modeling for land cover change. Pp. 357–386. En: Maguire, D., M. Batty & M. Goodchild (eds). *GIS, Spatial Analysis and Modeling*. ESRI Press, Redlands.

**FAO.** 2018. El estado de los bosques del mundo-Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. Roma.

**Gorelick, N.,** M. Hancher, M. Dixon, S. Ilyushchenko, D. Thau & R. Moore. 2017. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment* 202(1): 18-27.

**Killeen T.,** V. Calderón, L. Soria, B. Quezada, M. Steininger, G. Harper, L. Solórzano, & C. Tucker. 2007. Thirty Years of Land-Cover Change in Bolivia. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 36(7): 600-606.

**Maillard, O.** 2018. Proyección estimada de emisiones de CO<sub>2</sub>e a causa de la deforestación en el Municipio de San Carlos, Bolivia. *Kempffiana* 14 (1):1-12.

**Maillard, O.,** R. Anívarro, R. Vides-Almonacid & W. Torres. 2018. Estado de conservación de los ecosistemas de las serranías chiquitanas: Un caso de estudio de la Lista Roja de Ecosistemas de la UICN en Bolivia. *Ecología en Bolivia* 53(2): 128-149.

**Maillard, O., R. Anivarro, R. Vides-Almonacid & J.C. Salinas.** 2019. El impacto de la infraestructura vial en ecosistemas de alta fragilidad: El caso de la construcción de una carretera en el norte chiquitano, Bolivia. Pp. 119–149, en: Bolivia. Desafíos socioambientales en las tierras bajas (Inturias, M., K. Von Stosch, H. Balderlomar & I. Rodriguez, eds.) Instituto de Investigación Científica Social (IICS) de la Universidad Nur. Santa Cruz.

**Müller, R., D. Müller, F. Schierhorn, G. Gerold, & P. Pacheco.** 2012. Proximate causes of deforestation in the Bolivian lowlands: an analysis of spatial dynamics. *Regional Environmental Change* 12(3): 445-459.

**Müller, R., P. Pacheco, & J. C. Montero.** 2014. El contexto de la deforestación y degradación de los bosques en Bolivia: Causas, actores e instituciones. Documentos ocasionales 101. CIFOR. Bongor, Indonesia.

**Olofsson, P., G. Foody, M. Herold, S. Stehman, C. Woodcock, & M. Wuldere.** 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment* 148: 42-57.

**Puyravaud, J. P.** 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management* 117: 593-596.

**Tejada, G., E. Dalla-Nora, D. Cordoba, R. Laforteza, A. Ovando, T. Assis & A.P Aguiar.** 2015. Deforestation scenarios for the Bolivian lowlands. *Environmental Research*, 144: 49-63.

**Romero-Muñoz, A., A. Fernández-Llamazares, M. Moraes R., D.M. Larrea-Alcázar & C.F.R. Wordley.** 2019. A pivotal year for Bolivian conservation policy. *Nature Ecology & Evolution* 3: 866-869.

**Sangermano, F., J. Toledano & J.R. Eastman.** 2012. Land cover change in the Bolivian Amazon and its implications for REDD+ and endemic biodiversity. *Landscape Ecology*, 27, 571-584.

**Servicio Nacional de Áreas Protegidas.** 2013. Deforestación y regeneración de bosques en Bolivia y en sus áreas protegidas nacionales para los periodos 1990-2000 y 2000-2010. Ed. Servicio Nacional de Áreas Protegidas, Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado y Conservación Internacional - Bolivia. La Paz, 36 pp.

**Vides-Almonacid,** R., N. Pacheco, R. Anívarro & R. Rumiz. 2015. Problemática de las Reservas Forestales en el Departamento de Santa Cruz. Editorial FCBC-Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz. Santa Cruz de la Sierra. 250

**Villegas,** Z. & J. Martínez. 2009. La visión agrarista de los actores de la deforestación en Bolivia. Revista Tinkazos 27: 33-47.

# ANEXOS



## MÉTODOS

### **Recopilación y sistematización de la geodatabase**

Para los análisis se usaron los límites municipales elaborados por el Ministerio de Autonomías del año 2015 con base en la información cartográfica proporcionada por GeoBolivia (<https://geo.gob.bo>). Para la proyección de los escenarios a futuro se usó la información cartográfica de la red de caminos (primarios, secundarios y terciarios) de OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org/>), los límites de las áreas protegidas del Servicio Nacional de Áreas Protegidas disponible en GeoBolivia, y la elevación basada en el modelo digital de elevación (DEM) del sensor Aster GDEM versión 2 (<http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp>).

### **Clasificación de la cobertura**

Se realizó una clasificación de la cobertura natural y áreas antrópicas para todo el departamento de Santa Cruz para los años 1986, 2010, 2018 y 2019. Para este análisis se usaron escenas Landsat TM 5 y Landsat 8 OLI/TIRS, caracterizadas por tener una resolución espacial de 30 m, y corregidas atmosféricamente (reflectancia superficial Tier 1).

La clasificación se realizó en una combinación de metodologías, programas y herramientas. Se empleó el análisis digital con la metodología de clasificación no supervisada que utiliza el algoritmo ISODATA (Interactive Self-Organizing Data Analysis Algorithm). Las escenas fueron descargadas desde el portal EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), con una cobertura de nubes inferior al 20%. La clasificación se llevó a cabo con 100 iteraciones y un umbral de convergencia igual a 1, dando como resultado una imagen temática agrupada en 25 clases espectrales. En el procedimiento de clasificación se empleó una combinación de bandas RGB específico. Posteriormente se realizó una evaluación visual a las clases temáticas, el cual consiste en agrupar y/o separar las clases que comparten afinidad estadística y espacial de los valores espectrales. Posteriormente se les aplicó una recodificación que permitió ordenar y eliminar la redundancia de clases y así obtener las cuatro clases finales de las coberturas establecidas para este estudio: bosque, no bosque (vegetación herbácea/arbustiva y afloramientos rocosos), áreas antrópicas (área urbana, caminos, agricultura/ganadería, minería) y cuerpos de agua.

Adicionalmente, en la plataforma Google Earth Engine (GEE, Gorelick et al. 2017) realizamos clasificación supervisada utilizando el algoritmo Random Forest (RF), un método de aprendizaje automático no paramétrico basada en píxeles (Breiman 2001), ejecutado en la plataforma de computación en la nube. Obtuvimos los valores de la mediana de las escenas para cada año de análisis, con una cobertura de nubes inferior al 20 %, por lo que empleamos un enmascaramiento de nubes con el filtro de la banda QA. Entrenamos al clasificador RF con la dispersión de sitios de entrenamiento para las cuatro clases (boscosa, no boscosa, antrópico, agua). Los resultados obtenidos con ISODATA y RF fueron evaluados y armonizados.

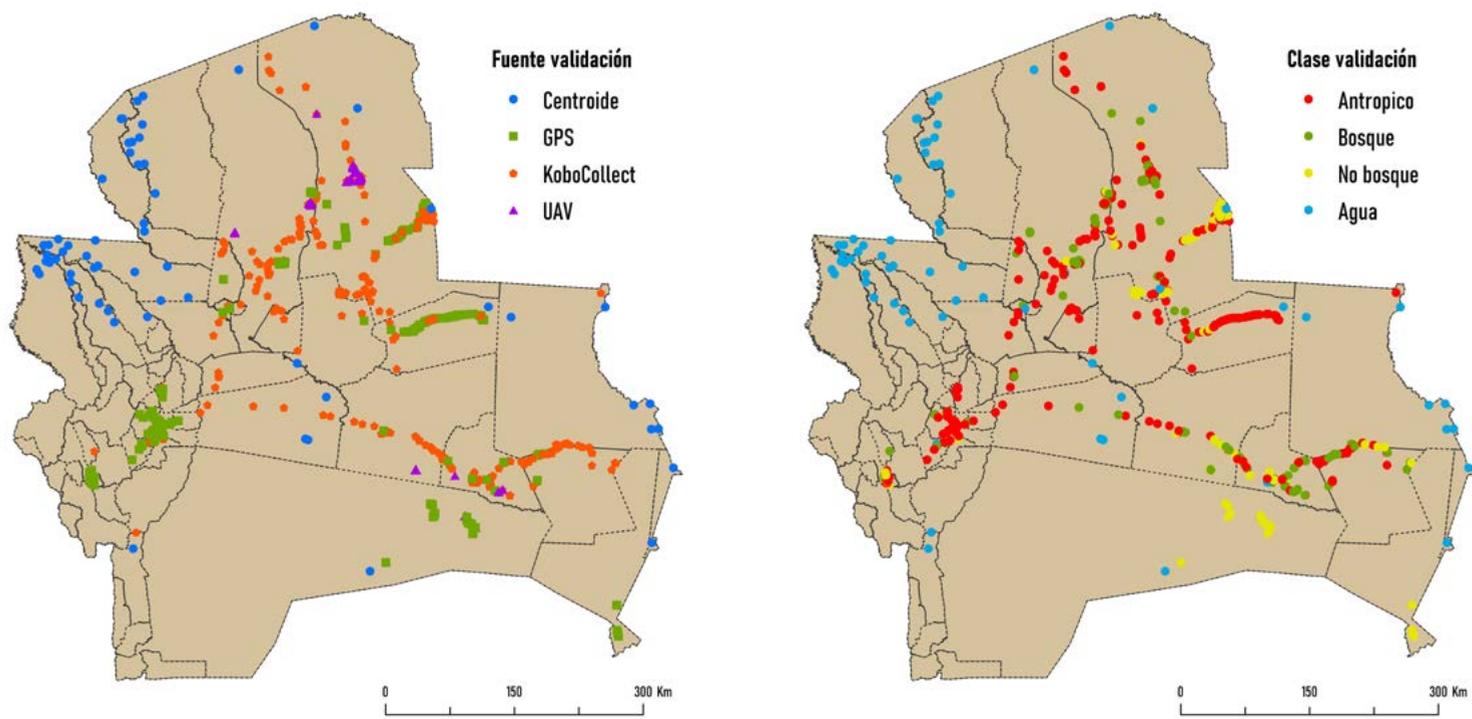
Debido a la confusión en la clasificación resultante de las áreas antrópicas, se realizaron correcciones en pantalla con el programa ArcMap 10.6. Por último, debido a la complejidad y heterogeneidad espectral del área de estudio, se aplicó a las imágenes temáticas un filtro de 3x3 para eliminar el efecto de “sal y pimienta”, obteniendo como resultado una mayor nitidez en las clases al reasignar aquellos píxeles aislados.

La tasa anual del cambio de cobertura boscosa fue determinada a través el método estandarizado propuesto por Puyravaud (2003).

### **Validación de clasificación**

Para evaluar el nivel de incertidumbre de la clasificación resultante se obtuvieron 940 puntos de verificación en campo entre los años 2017 y 2020, 295 de estos puntos fueron obtenidos con GPS, 369 sitios fueron tomados con el KoBo Collect y otros 276 con imágenes de ultra alta resolución adquiridas con vehículos aéreos no tripulados (UAV) de modelo DJI Mavic Pro. KoBo Collect es una aplicación abierta para dispositivos móviles que funciona en conjunto con un formulario creado para este estudio en el portal de internet KoBo ToolBox, con el cual se obtuvo información referente a la localidad, caracterización de cada sitio y cuatro registros fotográficos de respaldo georeferenciados para los cuatro puntos cardinales. Adicionalmente se distribuyeron 60 centroides en ArcMap para las lagunas mayores a 4 km<sup>2</sup>. Los 1.000 puntos de verificación obtenidos en total fueron agrupados

en cuatro categorías (bosque, no bosque, antrópico y agua), cruzados con la clasificación de cobertura para el año 2019 y analizados en una matriz de error propuesta por Olofsson et al. (2014). El nivel de confianza obtenido de la clasificación de la cobertura fue de 84%.



**Figura 2** Sitios de validación para determinar el nivel de confianza de la clasificación de la cobertura natural y áreas antrópicas para el departamento de Santa Cruz.

## **Proyección de cambio a futuro**

La proyección de la transformación a futuro bajo el escenario más crítico hasta el año 2050, fue modelada mediante un análisis de cambio entre 1986 y 2019. La predicción se realizó a través del módulo Modelador de Cambios Terrestres (LCM, Land Change Modeler, Eastman 2015). Se consideraron variables de factores geofísicos (elevación y pendiente), protección (áreas protegidas) y las distancias a la red de caminos de OpenStreetMap. La elevación se basó en el mosaico Aster GDEM y a partir de este DEM se construyó un mapa de pendiente en grados. El mapa de distancia de caminos fue calculado con la herramienta Cost (cost grow), con una distancia máxima de crecimiento de tipo infinito. Las variables fueron procesadas en el submodelo de transición potencial usando el Perceptrón de Multicapas (MLP, Multi-Layer Perceptron), en sus valores normales por defecto (Eastman et al. 2005). En el módulo de predicción de cambios se asignó una proyección hasta 2050 en la cadena de Markov. Se empleó además el desarrollo dinámico aleatorio de caminos y la ruta potencial de transición más alta.

## Anexo 2

Superficie (ha) del área antrópica, boscosa, no boscosa, y agua, y su proporción (%) en el departamento de Santa Cruz, para los años 1986, 2010, 2018 y 2019, y el escenario de cambio hasta el año 2050.

Clase	1986		2010		2018		2019		2050	
	ha	%								
Antrópico	1.055.172	2,9	4.298.572	11,6	5.955.003	16,1	6.218.232	16,9	20.417.004	55,3
Bosque	29.814.023	80,8	26.834.106	72,7	25.413.710	68,9	25.190.627	68,3	12.870.826	34,9
No Bosque	5.857.554	15,9	5.593.882	15,2	5.357.703	14,5	5.317.442	14,4	3.437.281	9,3
Agua	173.870	0,5	174.060	0,5	174.204	0,5	174.319	0,5	175.509	0,5

## Anexo 3

Dinámica de cambio en la superficie (ha) del área antrópica, boscosa, no boscosa, y agua, en el departamento de Santa Cruz, para cinco periodos de análisis.

Clase	1986-2010	2010-2018	2018-2019	2019-2050	1986-2050
	ha	ha	ha	ha	ha
Antrópico	3.243.400	1.656.431	263.229	14.198.772	19.361.833
Bosque	-2.979.918	-1.420.396	-223.083	-12.319.800	-16.943.197
No Bosque	-263.673	-236.179	-40.261	-1.880.162	-2.420.274
Agua	190	144	115	1.190	1.638

## Anexo 4

Superficie (ha) del área antrópica, boscosa, no boscosa, y agua, y su proporción (%) en las Tierras de Producción Forestal Permanente (TPFP), para los años 1986, 2010, 2018 y 2019, y el escenario de cambio hasta el año 2050

Clase	1986		2010		2018		2019		2050	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Antrópico	42.175	0,3	554.855	3,4	972.339	5,9	1.070.529	6,5	9.307.337	56,7
Bosque	14.750.940	89,9	14.255.819	86,9	13.870.043	84,6	13.779.574	84,0	6.145.326	37,5
No Bosque	1.541.486	9,4	1.524.013	9,3	1.492.288	9,1	1.484.563	9,1	882.003	5,4
Agua	68.711	0,4	68.625	0,4	68.642	0,4	68.646	0,4	68.646	0,4

## Anexo 5

Dinámica de cambio en la superficie (ha) del área antrópica, boscosa, no boscosa, y agua, en las Tierras de Producción Forestal Permanente (TPFP), para cinco periodos de análisis.

Clase	1986-2010	2010-2018	2018-2019	2019-2050	1986-2050
	ha	ha	ha	ha	ha
Antrópico	512.680	417.484	98.190	8.236.808	9.265.162
Bosque	-495.121	-385.776	-90.469	-7.634.247	-8.605.614
No Bosque	-17.473	-31.725	-7.725	-602.561	-659.484
Agua	-86	17	4	0	-65

# Anexo 6

Dinámica de cambios de la superficie (ha)  
del área antrópica en los municipios del  
departamento de Santa Cruz, por años y  
periodos de análisis.

Municipios	1986	2010	2018	2019	2050	1986-2010	2010-2018	2018-2019	2019-2050
Ascensión de Guarayos	4.678	109.514	163.761	169.407	746.702	104.836	54.247	5.646	577.295
Boyuibe	1.589	1.833	5.705	6.210	13.420	243	3.872	505	7.210
Buena Vista	18.986	37.386	41.014	42.113	73.529	18.400	3.628	1.100	31.415
Cabezas	74.989	187.962	225.449	226.845	272.717	112.973	37.487	1.397	45.871
Camiri	0	3.253	6.158	6.226	13.277	3.253	2.904	68	7.051
Charagua	35.609	196.530	378.084	403.913	2.076.830	160.921	181.554	25.829	1.672.917
Colpa Bélgica	6.168	7.992	12.853	13.964	21.424	1.824	4.861	1.111	7.460
Comarapa	10.010	12.861	21.371	21.374	66.852	2.851	8.510	2	45.478
Concepción	4.363	121.401	209.029	228.389	1.748.192	117.038	87.628	19.360	1.519.804
Cotoca	32.670	51.774	53.610	53.668	59.179	19.104	1.836	58	5.511
Cuatro Cañadas	26.747	309.232	370.150	375.409	427.007	282.485	60.918	5.259	51.598
Cuevo	0	2.324	3.916	3.926	10.176	2.324	1.592	10	6.250
El Carmen	1.613	62.252	117.933	139.718	750.164	60.640	55.681	21.785	610.445
El Puente	5.874	155.675	222.125	230.908	646.759	149.800	66.451	8.783	415.850
El Torno	14.617	19.654	22.844	23.434	33.194	5.036	3.190	590	9.760
Fernández Alonso	30.603	69.153	71.375	71.601	75.423	38.550	2.221	226	3.822
General Saavedra	37.661	49.487	50.038	50.076	52.593	11.826	552	38	2.517
Gutiérrez	4.368	23.689	37.359	38.263	46.864	19.321	13.670	904	8.601
La Guardia	26.148	49.393	58.540	59.281	71.065	23.246	9.147	741	11.784
Lagunillas	4.659	12.438	14.561	14.584	18.414	7.779	2.123	23	3.830
Mairana	6.610	10.690	13.633	13.639	18.244	4.080	2.944	5	4.605
Mineros	23.151	38.729	39.351	39.493	41.879	15.578	622	142	2.386
Montero	16.872	21.432	21.638	21.684	23.969	4.559	206	46	2.285
Moro Moro	157	3.466	4.612	4.612	22.166	3.310	1.145	0	17.554
Okinawa	54.010	89.269	91.109	91.261	98.814	35.259	1.840	152	7.553
Pailón	36.036	626.032	843.697	870.103	1.143.634	589.996	217.665	26.406	273.531
Pampa Grande	3.699	7.113	12.369	12.423	32.122	3.414	5.255	55	19.699
Porongo	10.402	19.598	25.988	27.589	51.166	9.195	6.390	1.601	23.578
Portachuelo	35.491	68.914	76.546	77.192	98.286	33.423	7.632	646	21.094

## Anexo 6 · Continuación

Municipios	1986	2010	2018	2019	2050	1986-2010	2010-2018	2018-2019	2019-2050
Postervalle	1.386	5.227	7.139	7.139	14.151	3.841	1.912	0	7.012
Pucara	683	2.672	3.931	3.931	15.538	1.989	1.258	0	11.608
Puerto Quijarro	727	6.769	7.570	7.630	99.097	6.042	801	60	91.467
Puerto Suarez	2.635	27.350	57.849	60.716	970.441	24.715	30.499	2.867	909.724
Quirusillas	2.805	3.670	4.220	4.220	9.334	865	550	1	5.114
Roboré	6.751	25.047	47.599	51.893	389.149	18.296	22.551	4.295	337.255
Saipina	3.866	4.378	5.548	5.548	18.322	512	1.170	0	12.773
Samaipata	7.149	12.044	14.944	14.957	37.562	4.895	2.900	14	22.604
San Antonio de Lomerío	1.250	4.343	9.410	9.745	78.972	3.093	5.067	335	69.228
San Carlos	37.727	71.939	76.047	76.929	100.869	34.213	4.108	881	23.940
San Ignacio de Velasco	16.970	229.783	459.075	508.042	2.866.961	212.813	229.293	48.967	2.358.919
San Javier	6.148	70.127	95.308	98.866	126.969	63.980	25.180	3.558	28.103
San José	20.727	126.936	285.553	318.116	959.178	106.209	158.617	32.564	641.062
San Juan	42.926	77.454	83.076	83.779	140.639	34.527	5.622	703	56.861
San Julián	78.430	354.488	430.167	432.077	494.933	276.058	75.679	1.910	62.856
San Matías	6.241	38.026	82.263	90.526	1.713.462	31.784	44.237	8.263	1.622.936
San Miguel	2.240	23.488	76.586	86.337	338.675	21.248	53.098	9.751	252.338
San Pedro	28.802	234.574	247.549	248.201	296.566	205.771	12.975	652	48.365
San Rafael	1.850	40.469	74.799	84.009	540.377	38.618	34.331	9.210	456.368
San Ramón	2.021	11.060	17.836	18.589	32.545	9.040	6.776	753	13.955
Santa Cruz de la Sierra	70.943	105.271	111.851	112.224	123.216	34.328	6.580	373	10.991
Santa Rosa del Sara	32.680	173.523	219.978	226.604	366.919	140.843	46.456	6.625	140.316
Trigal	1.782	3.877	6.844	6.844	14.298	2.095	2.967	0	7.454
Urubicha	619	5.881	8.069	9.293	1.098.609	5.262	2.188	1.224	1.089.315
Vallegrande	4.523	17.804	27.231	27.231	52.810	13.280	9.427	0	25.578
Warnes	85.043	120.373	122.640	122.833	132.113	35.330	2.267	193	9.280
Yapacaní	60.465	132.953	157.103	164.646	635.788	72.489	24.150	7.543	471.142

# Anexo 7

Dinámica de cambios de la superficie (ha)  
del área boscosa en los municipios del  
departamento de Santa Cruz, por años y  
periodos de análisis.

Municipios	1986	2010	2018	2019	2050	1986-2010	2010-2018	2018-2019	2019-2050
Ascensión de Guarayos	774.152	670.313	618.189	613.430	103.109	-103.840	-52.123	-4.760	-510.321
Boyuibe	152.194	152.068	148.438	147.941	142.453	-127	-3.629	-497	-5.488
Buena Vista	241.785	228.941	225.529	224.448	194.697	-12.844	-3.412	-1.081	-29.751
Cabezas	388.346	276.102	239.604	238.504	204.529	-112.245	-36.498	-1.100	-33.975
Camiri	98.161	95.120	92.386	92.336	85.938	-3.040	-2.734	-50	-6.398
Charagua	6.287.769	6.127.049	5.948.593	5.923.439	4.397.645	-160.719	-178.456	-25.155	-1.525.794
Colpa Bélgica	7.328	6.579	6.121	6.008	2.264	-749	-458	-113	-3.744
Comarapa	206.375	204.458	203.883	203.881	198.606	-1.917	-575	-2	-5.275
Concepción	2.696.541	2.588.928	2.521.954	2.505.359	1.056.185	-107.612	-66.974	-16.595	-1.449.175
Cotoca	27.242	8.169	6.334	6.276	1.495	-19.073	-1.835	-58	-4.781
Cuatro Cañadas	406.751	124.572	63.980	58.827	10.818	-282.179	-60.591	-5.154	-48.009
Cuevo	81.828	79.921	78.469	78.459	73.071	-1.907	-1.452	-10	-5.388
El Carmen	884.805	827.402	779.515	760.873	213.290	-57.403	-47.887	-18.642	-547.582
El Puente	594.822	454.094	391.599	385.475	69.576	-140.728	-62.495	-6.125	-315.898
El Torno	81.281	76.406	73.289	72.706	63.205	-4.875	-3.117	-583	-9.500
Fernández Alonso	34.176	6.006	4.096	3.872	389	-28.170	-1.909	-225	-3.483
General Saavedra	14.669	3.034	2.504	2.466	335	-11.635	-530	-38	-2.132
Gutiérrez	280.113	261.338	247.862	246.958	238.758	-18.776	-13.476	-904	-8.200
La Guardia	61.886	39.994	34.288	33.570	23.092	-21.892	-5.706	-718	-10.479
Lagunillas	105.348	97.733	95.617	95.595	91.862	-7.615	-2.116	-22	-3.733
Mairana	59.086	58.169	55.985	55.980	52.568	-917	-2.184	-5	-3.411
Mineros	18.643	3.095	2.510	2.372	396	-15.548	-585	-138	-1.976
Montero	6.586	2.614	2.463	2.422	352	-3.972	-151	-41	-2.070
Moro Moro	2.445	1.904	1.654	1.654	1.469	-541	-250	0	-185
Okinawa	43.767	8.847	7.056	6.905	1.223	-34.920	-1.791	-152	-5.681
Pailón	1.276.146	693.132	476.246	450.559	193.475	-583.014	-216.886	-25.686	-257.085
Pampa Grande	35.642	35.187	34.521	34.467	30.876	-455	-666	-54	-3.591
Porongo	61.360	55.962	52.163	51.452	34.575	-5.398	-3.799	-712	-16.876
Portachuelo	56.498	30.689	26.958	26.435	9.253	-25.809	-3.732	-523	-17.182

## Anexo 7 · Continuación

Municipios	1986	2010	2018	2019	2050	1986-2010	2010-2018	2018-2019	2019-2050
Postervalle	101.486	97.963	96.149	96.149	92.881	-3.523	-1.814	0	-3.268
Pucara	13.010	11.281	10.495	10.495	9.754	-1.729	-786	0	-741
Puerto Quijarro	98.484	92.624	91.860	91.805	19.659	-5.860	-764	-55	-72.146
Puerto Suarez	976.010	952.350	923.690	921.528	230.351	-23.661	-28.660	-2.162	-691.177
Quirusillas	12.653	11.808	11.306	11.305	10.310	-845	-502	-1	-995
Roboré	576.635	561.734	546.327	542.985	253.791	-14.900	-15.407	-3.342	-289.194
Saipina	343	301	208	208	150	-42	-93	0	-58
Samaipata	148.947	145.170	142.758	142.744	136.868	-3.776	-2.413	-14	-5.877
San Antonio de Lomerío	115.753	114.610	112.803	112.643	84.455	-1.143	-1.807	-159	-28.188
San Carlos	78.417	45.718	41.711	40.844	17.969	-32.699	-4.007	-868	-22.874
San Ignacio de Velasco	4.009.874	3.842.870	3.662.584	3.622.368	1.394.742	-167.004	-180.286	-40.216	-2.227.626
San Javier	161.604	101.244	85.530	82.223	68.161	-60.361	-15.714	-3.307	-14.062
San José	1.545.084	1.451.100	1.310.463	1.283.613	746.493	-93.984	-140.637	-26.851	-537.120
San Juan	95.761	61.816	56.534	55.846	9.584	-33.944	-5.282	-689	-46.262
San Julián	396.863	132.419	64.562	62.742	5.777	-264.445	-67.856	-1.820	-56.966
San Matías	1.713.722	1.696.707	1.683.320	1.680.056	434.443	-17.016	-13.386	-3.264	-1.245.613
San Miguel	827.554	814.914	775.648	767.387	548.820	-12.640	-39.266	-8.260	-218.567
San Pedro	222.690	59.190	47.668	47.060	5.211	-163.500	-11.522	-608	-41.849
San Rafael	859.523	830.394	803.321	796.442	379.279	-29.129	-27.073	-6.878	-417.163
San Ramón	32.536	25.063	20.460	19.879	11.833	-7.472	-4.604	-580	-8.046
Santa Cruz de la Sierra	50.457	20.337	13.864	13.511	3.782	-30.121	-6.473	-353	-9.729
Santa Rosa del Sara	323.753	192.505	149.438	143.042	20.616	-131.249	-43.067	-6.395	-122.426
Trigal	7.068	6.619	6.155	6.155	5.483	-449	-464	0	-672
Urubicha	1.487.873	1.483.081	1.481.086	1.480.059	449.592	-4.792	-1.995	-1.028	-1.030.466
Vallegrande	230.604	220.761	214.997	214.997	206.968	-9.843	-5.765	0	-8.029
Warnes	39.076	12.942	10.704	10.511	1.501	-26.134	-2.239	-193	-9.010
Yapacaní	702.496	630.757	608.260	601.360	224.610	-71.739	-22.498	-6.899	-376.751

## Anexo 8

Dinámica de cambios de la superficie (ha) del área no boscosa en los municipios del departamento de Santa Cruz, por años y periodos de análisis.

Municipios	1986	2010	2018	2019	2050	1986-2010	2010-2018	2018-2019	2019-2050
Ascensión de Guarayos	120.389	119.392	117.270	116.384	49.409	-997	-2.122	-887	-66.974
Boyube	8.440	8.324	8.081	8.073	6.351	-116	-243	-8	-1.722
Buena Vista	11.749	6.187	5.972	5.954	4.289	-5.563	-215	-18	-1.664
Cabezas	35.322	34.594	33.605	33.308	21.412	-728	-988	-297	-11.896
Camiri	2.200	1.982	1.813	1.793	1.140	-217	-169	-20	-653
Charagua	766.579	766.374	763.277	762.603	615.480	-205	-3.097	-674	-147.123
Colpa Bélgica	15.622	14.547	10.144	9.145	5.430	-1.075	-4.403	-998	-3.715
Comarapa	115.164	114.222	106.287	106.287	66.084	-942	-7.935	0	-40.203
Concepción	210.959	201.529	180.878	178.112	107.483	-9.430	-20.651	-2.766	-70.629
Cotoca	2.037	2.006	2.005	2.005	1.276	-31	-1	0	-729
Cuatro Cañadas	10.695	10.387	10.062	9.957	6.368	-308	-325	-105	-3.589
Cuevo	6.737	6.320	6.180	6.180	5.318	-417	-140	0	-862
El Carmen	186.923	183.686	175.892	172.749	109.886	-3.237	-7.794	-3.143	-62.863
El Puente	169.639	160.536	156.582	153.923	53.971	-9.103	-3.954	-2.659	-99.952
El Torno	990	824	751	744	484	-166	-73	-7	-260
Fernández Alonso	11.468	1.072	760	758	418	-10.396	-312	-2	-339
General Saavedra	1.078	885	864	864	478	-193	-22	0	-385
Gutiérrez	1.568	1.048	857	857	456	-520	-192	0	-401
La Guardia	9.597	8.237	4.796	4.773	3.468	-1.360	-3.441	-23	-1.305
Lagunillas	783	617	610	609	512	-166	-7	-1	-97
Mairana	8.663	5.500	4.740	4.740	3.546	-3.164	-759	0	-1.194
Mineros	879	846	809	805	395	-32	-37	-4	-411
Montero	1.158	560	504	500	284	-599	-55	-5	-215
Moro Moro	65.423	62.655	61.760	61.760	44.391	-2.768	-895	0	-17.369
Okinawa	5.053	4.699	4.650	4.650	2.778	-354	-49	0	-1.871
Pailón	56.913	50.036	49.261	48.433	31.987	-6.877	-775	-828	-16.446
Pampa Grande	61.318	58.359	53.770	53.769	37.661	-2.959	-4.589	-1	-16.108
Porongo	21.968	18.167	15.576	14.687	7.985	-3.801	-2.591	-889	-6.701
Portachuelo	18.631	11.014	7.114	6.991	3.079	-7.617	-3.900	-123	-3.912

## Anexo 8 · Continuación

Municipios	1986	2010	2018	2019	2050	1986-2010	2010-2018	2018-2019	2019-2050
Postervalle	8.805	8.487	8.388	8.388	4.644	-318	-99	0	-3.744
Pucara	54.565	54.311	53.839	53.839	42.972	-254	-472	0	-10.867
Puerto Quijarro	34.444	34.261	34.224	34.219	14.898	-183	-37	-5	-19.321
Puerto Suarez	364.904	363.852	362.012	361.307	142.760	-1.052	-1.839	-705	-218.547
Quirusillas	13.259	13.240	13.191	13.191	9.072	-20	-48	0	-4.119
Roboré	137.772	134.376	127.231	126.279	78.217	-3.396	-7.144	-952	-48.062
Saipina	40.785	40.315	39.237	39.237	26.522	-470	-1.078	0	-12.715
Samaipata	36.408	35.289	34.801	34.801	18.074	-1.119	-487	0	-16.727
San Antonio de Lomerío	121.531	119.581	116.322	116.146	75.107	-1.949	-3.260	-176	-41.039
San Carlos	4.373	2.826	2.726	2.713	1.647	-1.547	-100	-14	-1.065
San Ignacio de Velasco	903.117	857.459	808.308	799.556	668.263	-45.658	-49.151	-8.753	-131.293
San Javier	59.322	55.700	46.236	45.984	31.943	-3.622	-9.465	-251	-14.042
San José	346.075	333.848	315.870	310.157	206.215	-12.228	-17.977	-5.714	-103.942
San Juan	16.484	15.857	15.518	15.503	4.904	-627	-339	-14	-10.599
San Julián	29.426	17.748	9.935	9.845	3.955	-11.677	-7.813	-90	-5.890
San Matías	968.250	953.539	922.632	917.633	540.310	-14.711	-30.907	-4.998	-377.323
San Miguel	130.955	122.344	108.510	107.020	73.249	-8.611	-13.834	-1.490	-33.771
San Pedro	53.380	10.919	9.475	9.431	2.915	-42.461	-1.444	-43	-6.516
San Rafael	110.618	101.133	93.870	91.539	52.334	-9.485	-7.263	-2.332	-39.205
San Ramón	15.717	14.149	11.977	11.804	5.895	-1.568	-2.172	-173	-5.909
Santa Cruz de la Sierra	8.140	3.916	3.811	3.791	2.528	-4.225	-105	-20	-1.262
Santa Rosa del Sara	38.589	28.989	25.615	25.385	7.495	-9.600	-3.375	-230	-17.889
Trigal	31.200	29.554	27.050	27.050	20.268	-1.646	-2.503	0	-6.782
Urubicha	129.038	128.568	128.375	128.179	69.330	-470	-193	-196	-58.849
Vallegrande	86.113	82.685	79.023	79.023	61.474	-3.428	-3.662	0	-17.549
Warnes	9.932	740	711	711	441	-9.193	-28	0	-270
Yapacaní	176.405	175.592	173.943	173.298	78.907	-813	-1.650	-644	-94.391

## Anexo 9

Dinámica de cambios de la superficie (ha) de los cuerpos de agua en los municipios del departamento de Santa Cruz, por años y periodos de análisis.

Municipios	1986	2010	2018	2019	1986-2010	2010-2018	2018-2019
Ascensión de Guarayos	3.980	3.981	3.979	3.979	1	-2	0
Boyuibe	17	17	17	17	-1	0	0
Buena Vista	406	413	413	413	7	0	0
Cabezas	2.914	2.914	2.914	2.914	0	0	0
Camiri	260	265	264	265	5	-1	1
Charagua	5.412	5.414	5.414	5.414	3	-1	0
Colpa Bélgica	43	44	44	44	1	0	0
Comarapa	196	204	204	204	8	0	0
Concepción	1.018	1.022	1.019	1.020	4	-3	1
Cotoca	122	122	122	122	0	0	0
Cuatro Cañadas	1.436	1.437	1.435	1.435	2	-2	0
Cuevo	10	10	10	10	0	0	0
El Carmen	41	41	41	41	0	0	0
El Puente	23.535	23.565	23.563	23.564	31	-2	1
El Torno	57	62	62	62	5	0	0
Fernández Alonso	168	184	184	185	16	0	1
General Saavedra	43	45	45	45	2	0	0
Gutiérrez	802	776	773	773	-26	-3	0
La Guardia	87	93	93	93	6	0	0
Lagunillas	67	69	69	69	2	0	0
Mairana	1	1	1	1	0	0	0
Mineros	16	19	19	19	3	0	0
Montero	47	58	58	58	12	0	0
Moro Moro	5	4	4	4	-1	0	0
Okinawa	446	462	462	461	15	0	0
Pailón	7.240	7.134	7.131	7.239	-105	-3	108
Pampa Grande	0	0	0	0	0	0	0
Porongo	200	204	204	204	4	0	0
Portachuelo	302	305	305	305	3	0	0

## Anexo 9 · Continuación

Municipios	1986	2010	2018	2019	1986-2010	2010-2018	2018-2019
Postrevalle	21	21	21	21	0	0	0
Pucara	66	61	61	61	-6	0	0
Puerto Quijarro	11.366	11.367	11.367	11.367	1	0	0
Puerto Suarez	4.566	4.565	4.564	4.565	-2	0	0
Quirusillas	0	0	0	0	0	0	0
Roboré	27	28	28	28	0	0	0
Saipina	2	2	2	2	0	0	0
Samaipata	1	1	1	1	0	0	0
San Antonio de Lomerío	109	109	109	109	0	0	0
San Carlos	1.128	1.161	1.160	1.160	33	-1	0
San Ignacio de Velasco	11.553	11.402	11.547	11.548	-151	144	2
San Javier	83	86	84	84	3	-2	0
San José	403	405	402	403	2	-3	0
San Juan	3.401	3.445	3.444	3.444	45	-1	0
San Julián	896	960	950	950	64	-10	0
San Matías	34.754	34.697	34.753	34.753	-57	56	0
San Miguel	982	985	987	987	3	2	-1
San Pedro	2.542	2.732	2.723	2.722	190	-9	0
San Rafael	1.090	1.087	1.092	1.092	-4	5	0
San Ramón	98	99	99	99	1	0	0
Santa Cruz de la Sierra	329	346	344	344	17	-2	0
Santa Rosa del Sara	14.083	14.088	14.074	14.074	5	-14	0
Trigal	0	0	0	0	0	0	0
Urubicha	14.850	14.850	14.850	14.850	0	-1	0
Vallegrande	390	380	379	379	-10	-1	0
Warnes	110	107	107	107	-3	0	0
Yapacaní	22.149	22.212	22.209	22.210	63	-2	1



[www.observatoriochiquitano.org](http://www.observatoriochiquitano.org)