

An aerial photograph of a lush tropical forest. A dark river flows through the greenery on the left side. In the bottom left corner, a small white boat with several people is visible on the river. The forest is dense with various types of trees, including palm trees and a prominent dead, bleached tree in the center. The overall scene is vibrant and natural.

Atlas

Departamental de

Vulnerabilidad al

Cambio Climático

Santa Cruz

ATLAS DEPARTAMENTAL DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO SANTA CRUZ



Cofinanciado por la
Unión Europea



Documento elaborado por la Fundación Amigos de la Naturaleza en el marco del Proyecto Ecorregiones Conectadas Sostenibles (ECCOS).

Autores:

- Jan Spickenbom (Experto en Análisis de Vulnerabilidad al Cambio Climático)
- Marlene Quintanilla (Directora de Investigación y Gestión del Conocimiento-FAN)
- Saúl Cuéllar (Gerente de Proyecto RAISG-FAN)
- Sara Espinoza (Especialista socioambiental en SIG-FAN)
- Heydí Durán (Subgerente SIG-FAN)
- Fabio Cotrina (Técnico SIG-FAN)
- Ana María Höhler (climogramas)

Fotografías:

FAN/J. Spickenbom; E.Sánchez; M.Arze; C.Pinto; L.Céspedes; H.Justiniano; R.Justiniano

Primera Edición 2021

Diseño y Diagramación:

Gráfica Ideativa - David Coronel
Editorial FAN

Coordinación de publicación

Natalia Calderón (Directora Ejecutiva-FAN)
Karina Sauma (Directora de Comunicación-FAN)

Este proyecto está cofinanciado por la Unión Europea



Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN)
Km 7 1/2 Doble Vía a La Guardia
Tel: (591-3) 355-6800 Fax: (591-3) 354-7383
e-mail: fan@fan-bo.org - www.fan-bo.org

Septiembre, 2021

Santa Cruz de la Sierra – Bolivia

CONTENIDO

1 Introducción

- Objetivo
- Alcance

2 Marco conceptual y metodológico

- Identificación de problemática relacionada con amenazas climáticas
- Enfoque metodológico para definir vulnerabilidad al cambio climático

3 Análisis de vulnerabilidad al cambio climático

- Región y área de estudio
- Sistema de interés para la evaluación de vulnerabilidad
- Caracterización del clima (actual y futuro)
- Exposición climática
- Sensibilidad al cambio climático
- Impacto
- Capacidad adaptativa
- Vulnerabilidad

4 Consideraciones finales



1

Introducción

Desde hace varios años, a nivel internacional, se discuten las medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que mitiguen el calentamiento global. Hasta la fecha son pocos los resultados, mientras tanto, el cambio climático continúa avanzando y constituye una de las mayores amenazas para el desarrollo de la población en el mundo. Los efectos del cambio climático no solo impactan al medio ambiente, sino también a la totalidad de los medios de vida de las poblaciones humanas.

Bolivia está entre los países con mayor vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático¹. Es imprescindible iniciar un proceso planificado de adaptación climática que permita el desarrollo socioeconómico de la población, asegurando ingresos de los productores agropecuarios, abastecimiento de servicios básicos, alimentos y visualizando los riesgos climáticos para su gestión oportuna.

¹ Eckstein, D. et al. 2021. Índice de Riesgo Climático Global 2021. GERMANWATCH.

Santa Cruz es el departamento más extenso del país (370.621 km²). Su territorio alberga nueve de las doce ecorregiones; demográficamente es uno de los departamentos más poblados (2.779.271 habitantes, censo 2012) y de mayor producción económica, sin embargo es el que tiene mayor pérdida de bosque: el 75% de la deforestación sucede en Santa Cruz, pero, también es el que mayores esfuerzos ha realizado para proteger su Patrimonio Natural, alrededor de 16 millones de hectáreas son áreas protegidas nacionales y subnacionales.

La alta variabilidad agroclimática de Santa Cruz ha impulsado un alto desarrollo productivo en distintas regiones, pero también yacen bajos niveles de ingresos económicos en comunidades alejadas del eje departamental. En las últimas dos décadas, ambos sectores están muy golpeados por las extremas sequías, la recurrencia de incendios, las inundaciones y heladas entre otros fenómenos derivados del cambio climático que repercuten en pérdidas económicas considerables y empujan la migración hacia las ciudades.

Los efectos del cambio climático afectan al departamento de Santa Cruz, y hoy nos desafía a trazar procesos ordenados de planificación, protegiendo a los más vulnerables y avizorando un desarrollo resiliente y sustentable. Con esta premisa, la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN) en el marco del “Proyecto Ecorregiones Conectadas Sostenibles-ECCOS” financiado por la Unión Europea para la Zona de Integración Centro Oeste de Suramérica (ZICOSUR), pone a disposición de la sociedad civil y principalmente a tomadores de decisión el “Atlas Departamental de Vulnerabilidad al Cambio Climático-Santa Cruz” donde se podrá consultar información sistematizada en una serie de más de medio centenar de mapas que analizan a diferentes resoluciones (píxeles de 100 m y municipios) la vulnerabilidad territorial actual y proyectada de Santa Cruz a los impactos del cambio climático, con base en datos históricos y escenarios futuros según Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

Objetivo

Dar a conocer la vulnerabilidad territorial del Departamento de Santa Cruz a los efectos del cambio climático bajo un enfoque de seguridad hídrica en la producción agropecuaria y los medios de vida de la población cruceña, evidenciando los niveles de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa para promover cambios hacia una cultura de mayor resiliencia y resistencia que posibilite afrontar riesgos y desastres climáticos.

Alcance

Los resultados presentados en el Atlas Departamental de Vulnerabilidad al Cambio Climático-Santa Cruz pretenden contribuir con información técnica-científica sobre los sitios con mayor **impacto** por la **exposición y la sensibilidad climática** a riesgos y desastres, también visibiliza zonas que apoyan a la **resiliencia natural** de los ecosistemas según la sensibilidad actual. A escala municipal, muestra regiones con mejor preparación para afrontar riesgos según indicadores de **capacidad adaptativa**, destacando áreas y sectores vulnerables donde se requieren mayores esfuerzos y estrategias para la implementación de procesos de mejora en la adaptación y resiliencia climática de las poblaciones de los 56 municipios cruceños.

Este análisis de vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, además de cuantificar la exposición y la sensibilidad climática del Departamento de Santa Cruz, identifica impactos en sistemas de interés relacionados con la **producción agropecuaria y la seguridad hídrica**, contrarrestando e integrando indicadores que definen la capacidad adaptiva de los municipios cruceños. El proceso metodológico del análisis de vulnerabilidad está planteado en la lógica de que, para definir acciones de respuesta ante los impactos del cambio climático, en Santa Cruz, previamente se debe conocer cuán vulnerable son los sistemas de interés (producción agropecuaria y la seguridad hídrica); con este paso previo y fundamental; las estrategias, planes y políticas para afrontar el cambio climático serán más acertados y eficaces.

Gran parte de la población en los diferentes 56 municipios del departamento de Santa Cruz dependen de las actividades de producción agrícola y pecuaria, ambas altamente dependientes del clima, exponiéndose cada vez a mayores impactos, considerando que su capacidad de respuesta es limitada a los efectos adversos sufridos por sequías, heladas, inundaciones y otros eventos extremos.

Bajo esta mirada, el Atlas además de identificar las regiones, sectores o poblaciones más vulnerables, ayuda a identificar problemáticas específicas relacionadas con el clima, haciendo evidente la vulnerabilidad diferencial en el ámbito municipal y departamental considerando las condiciones climáticas actuales y escenarios climáticos proyectados hasta el año 2050, así como recomendaciones para fortalecer políticas de adaptación al cambio climático para aumentar las capacidades institucionales en la reducción de la vulnerabilidad para afrontar y superar riesgos y desastres climáticos.



2

Marco conceptual y metodológico

Identificación de problemáticas relacionadas con amenazas climáticas

Enfoque metodológico para definir vulnerabilidad al cambio climático

IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMÁTICAS RELACIONADAS CON AMENAZAS CLIMÁTICAS

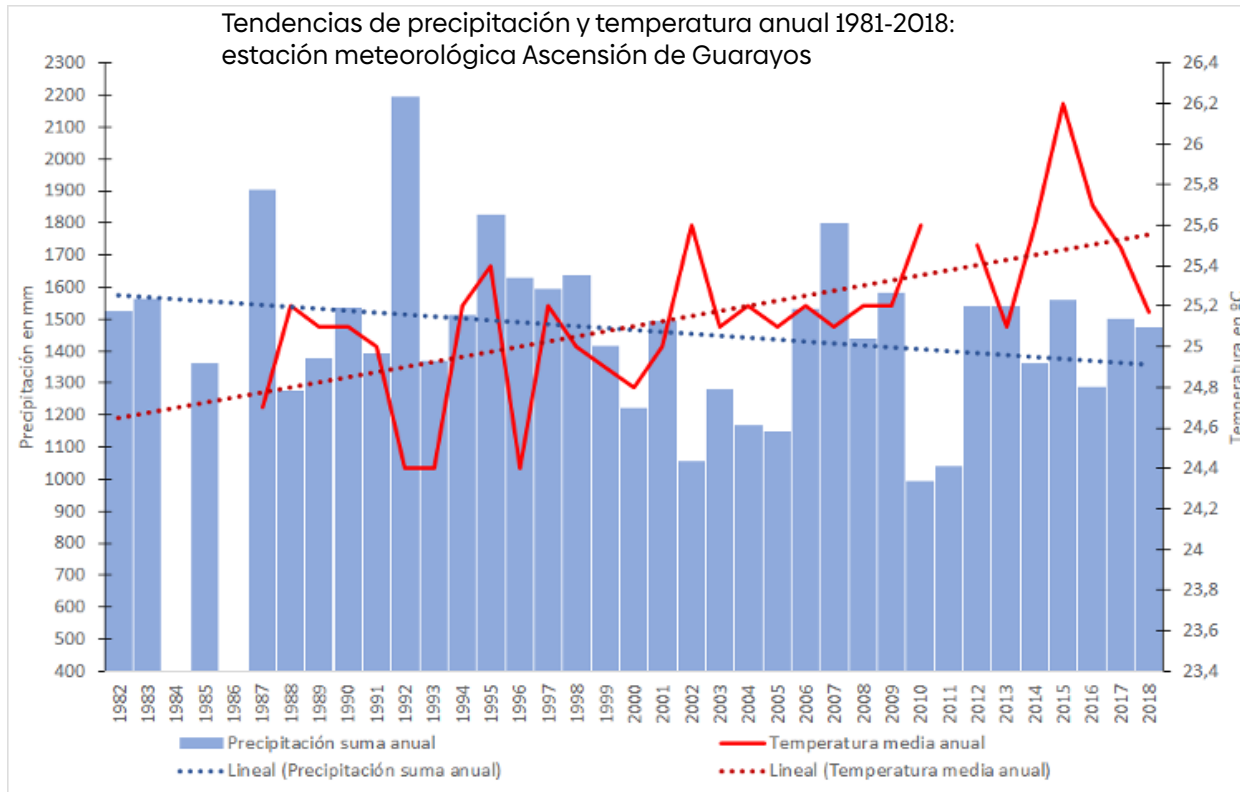
El departamento de Santa Cruz enfrenta impactos climáticos muy significativos, estos se están manifestando principalmente en la alteración del ciclo hidrológico, provocando sequías prolongadas más intensas y recurrentes en comparación con la situación histórica de hace 30 años atrás. La producción de alimentos para el abastecimiento local es cada vez más compleja, difícil y de alto costo por el incremento de eventos extremos provocando la drástica disminución de los recursos hídricos, el incremento de inundaciones, mayor frecuencia de incendios y la alta degradación de los ecosistemas, impactando al desarrollo económico y a la sostenibilidad de los medios de vida de la población cruceña.

El cambio climático ha dejado de ser un escenario futuro, hoy es una realidad muy palpable en el departamento de Santa Cruz. Las modificaciones en los patrones de lluvia y temperatura evidencian diferentes cambios, los cuales se manifiestan través de impactos que afectan principalmente a la producción agrícola y pecuaria y a los medios de vida de las poblaciones locales.

Según registros del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) las tendencias actuales indican cambios y alteraciones climáticas importantes; en los últimos 30 años la temperatura media anual ha sufrido incrementos de hasta 1°C en algunas regiones del departamento de Santa Cruz, mientras que, la precipitación ha reducido en términos

anuales, identificándose hasta -17% en la reducción de lluvias. Estos cambios afectan de manera directa al balance hídrico. El incremento de la temperatura en el ambiente condiciona una mayor pérdida de humedad por la aceleración de mayor transpiración vegetal y evaporación de humedad desde suelos desnudos y cuerpos de agua. Esta problemática se intensifica aún más con la reducción de lluvias; cuanto más se reduzca la precipitación menor será la posibilidad de infiltración y recarga de acuíferos: El agua suele almacenarse en capas subterráneas de los suelos a través de los bosques y humedales en forma natural para alimentar vertientes, ríos, arroyos, lagunas y otras fuentes de agua indispensables para el consumo humano y la producción agropecuaria e industrial.

Los sectores agrícola y pecuario son los más afectados por las pérdidas que generan los eventos climáticos extremos; las mayores pérdidas económicas a escala nacional se registran en el departamento de Santa Cruz. Según la Cámara Agropecuaria del Oriente (CAO) en el año 2016 el sector agropecuario registró pérdidas de 485 millones de dólares por efecto de la sequía. La campaña agrícola de invierno fue una de las peores, los rendimientos cayeron drásticamente a -57% en la producción de trigo, soya, maíz, sorgo, girasol y chíca.



Climograma actual (1981-2000 y 2001-2018) y futuro (2050):
estación meteorológica Ascensión de Guarayos



Desde el 2018, el cultivo de soya extendido en más de 1 millón de hectáreas junto a cultivos de rotación como el arroz, maíz, sorgo, algodón y caña de azúcar, ha mermado en su capacidad productiva debido a los últimos acontecimientos de inundaciones y sequías, provocando pérdidas de aproximadamente 120 millones de dólares (Asociación de Productores de Oleaginosas y Trigo - ANAPO, 2018). En el Norte integrado, se estimó una pérdida de 400 mil toneladas de soya. Los productores que suelen ser de escala mediana y a nivel familiar, difícilmente logran afrontar las cuantiosas pérdidas en su producción por su limitada capacidad financiera. Los efectos del cambio climático vienen condicionando el futuro de la producción en el departamento de Santa Cruz.

Santa Cruz produce el 35% del arroz cultivado en el país; aporta de manera importante a la seguridad alimentaria. Este sector y otros productores de alimentos básicos experimentan pérdidas importantes por sequías extremas y eventos de inundaciones, por lo que instaurar medidas de adaptación para enfrentar estos impactos son vitales y cruciales.

Con esta premisa, esta publicación identifica los impactos más relevantes en la alteración del balance hídrico actual, presentando una aproximación proyectada al año 2050, destacando áreas con mayor y menor impacto en términos de agua excedentaria y regiones con alto déficit hídrico en el departamento.





ENFOQUE METODOLÓGICO PARA DEFINIR VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

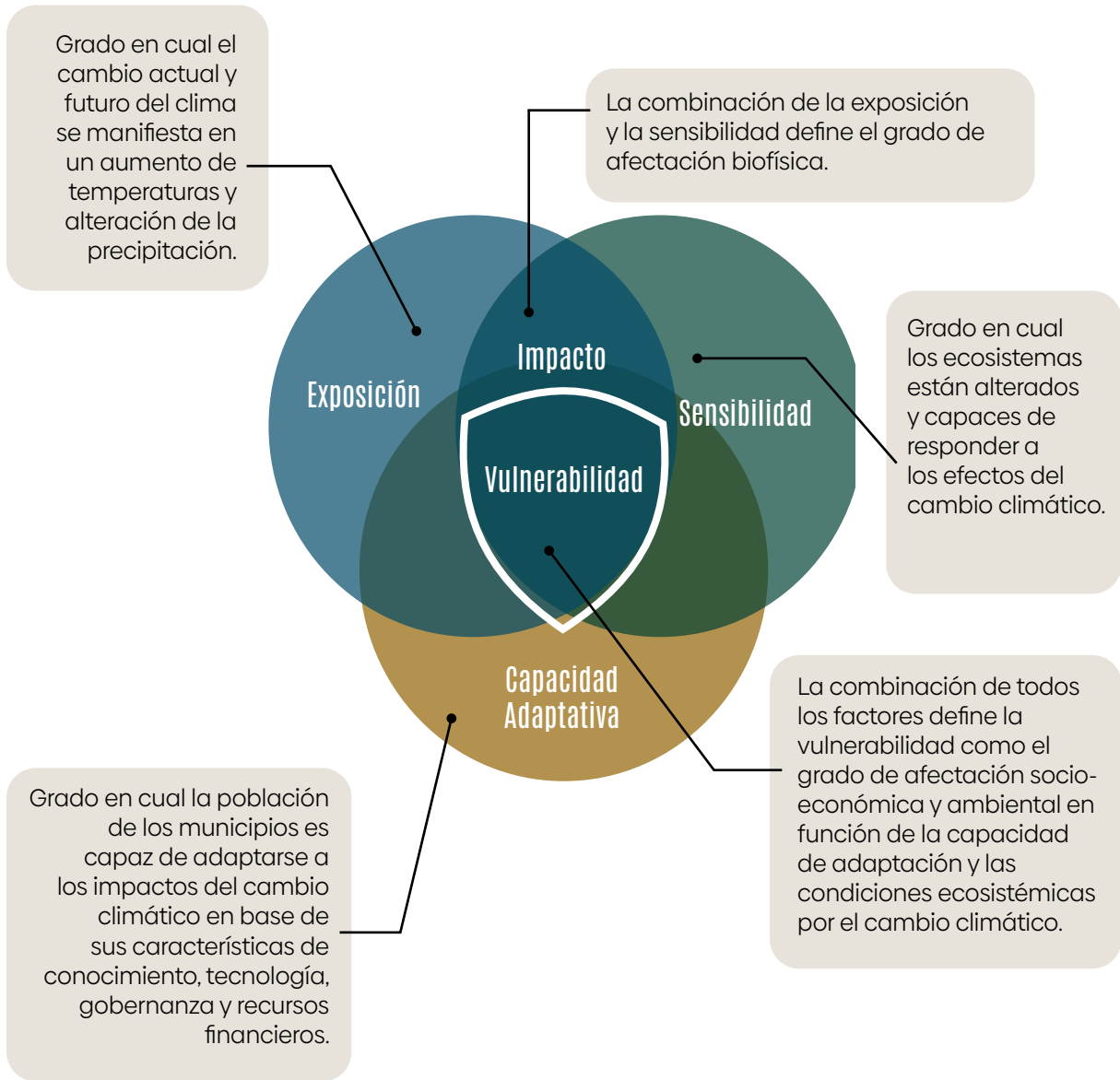
El análisis de vulnerabilidad a los efectos del cambio climático en términos de seguridad hídrica para la producción agropecuaria y los medios de vida locales del departamento de Santa Cruz adopta la base del concepto y los lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad del Libro de la Vulnerabilidad (GIZ 2015) y del IPCC Cambio Climático - Impactos, adaptación y vulnerabilidad (2014). Este enfoque metodológico consiste en la utilización de factores claves como la **exposición y la sensibilidad al cambio climático**, mismos que definen el **impacto** y la **capacidad adaptativa**, y la integración de ambos determina la vulnerabilidad. Para un análisis más comprensible se introducen factores de la región, clima y sistema de interés con el objetivo de facilitar la caracterización del enfoque del análisis. Este concepto incorpora características de los ecosistemas para representar su rol de importancia alta en el desarrollo de medidas de adaptación al cambio climático.

El Atlas de Vulnerabilidad al Cambio Climático en el departamento consiste en 25 indicadores en las tres categorías principales de la Exposición, Sensibilidad y Capacidad Adaptativa. El impacto y la vulnerabilidad son funciones de la combinación aritmética de indicadores de la exposición y la sensibilidad para definir el impacto, tal como la combinación del impacto y de la capacidad adaptativa definen la vulnerabilidad final.

Los indicadores de la exposición y sensibilidad están levantados en el formato de ráster con una resolución de 100mx100m de píxel para permitir una evaluación de alto detalle de la situación actual y futura del cambio climático (Exposición), tal como las características de los ecosistemas (Sensibilidad). Los indicadores de la capacidad adaptativa existen al nivel de los límites administrativos de los municipios, utilizando informaciones del Censo de Población y Vivienda (2012) y del Censo Agropecuario (2013). combinación final de los indicadores entre el impacto y la capacidad adaptativa representa la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.



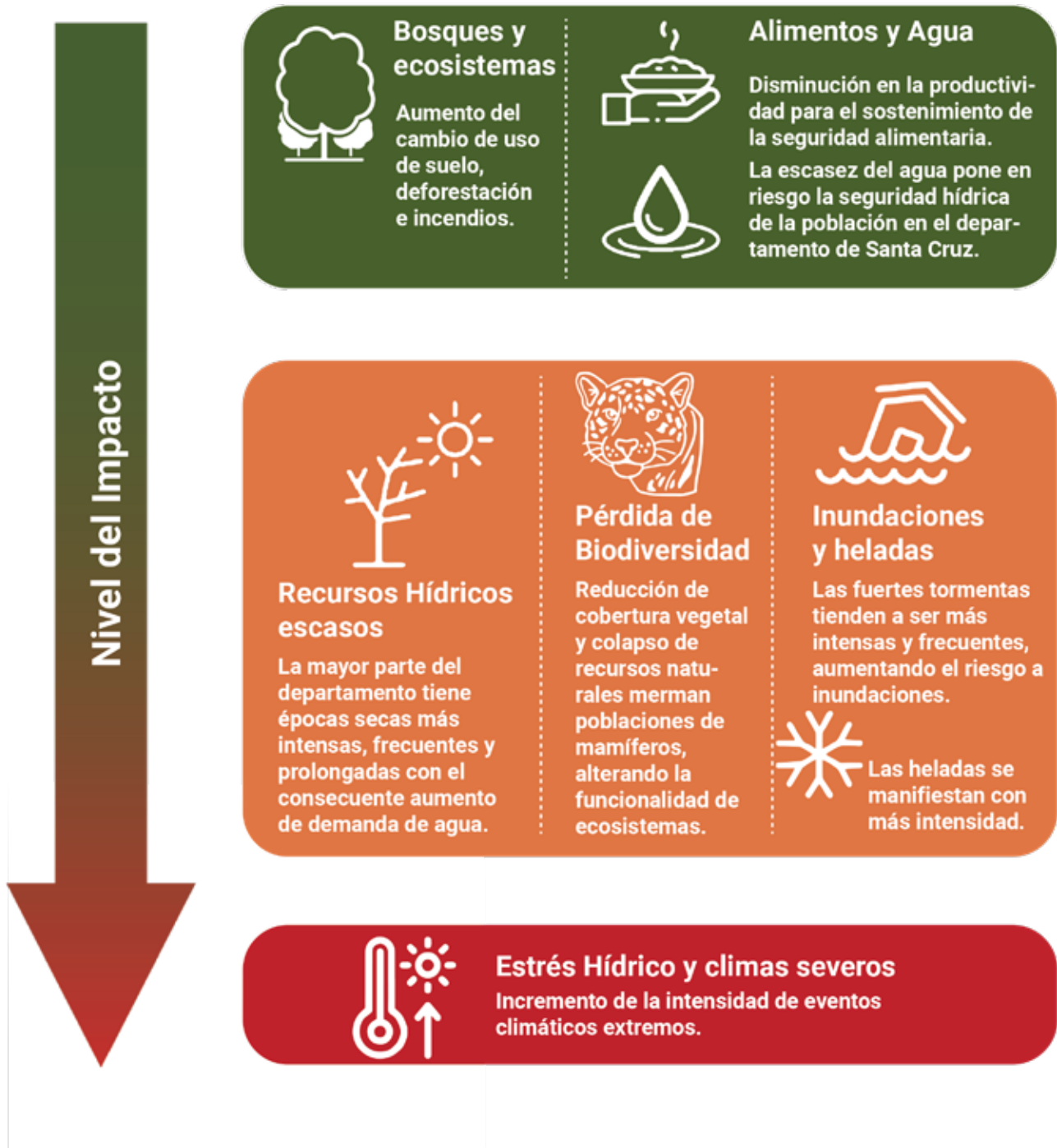
Vulnerabilidad = (Exposición + Sensibilidad) x Capacidad Adaptativa



Fuente: elaboración propia, en base a IPCC 2014, 2021

Figura 1. Marco conceptual del análisis de vulnerabilidad al cambio climático en el departamento de Santa Cruz

Se proyecta que los impactos del cambio climático se distribuirán de una manera heterogénea en el departamento de Santa Cruz, debido a los distintos tipos de clima, la distribución de los recursos naturales, la infraestructura instalada, el desarrollo económico y la concentración demográfica.



Fuente: elaboración propia, en base a INECC 2019

Figura 2. Impactos del cambio climático en el departamento de Santa Cruz

Ante un clima cambiante y la posibilidad de riesgos climáticos en aumento, la respuesta es la adaptación, la cual ha sido definida por el IPCC (2007) como “las iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático”. De acuerdo con el IPCC (2007), existen diferentes tipos de adaptación: preventiva y reactiva, privada y pública, y autónoma y planificada.

La adaptación es un proceso de aprendizaje que requiere ser interdisciplinario, multidimensional y transversal, tomando como eje fundamental las dinámicas territoriales, el conocimiento local y el papel de los individuos, las organizaciones de la sociedad civil y los gobiernos de diferentes escalas (nacional, departamental, municipal); que requiere el seguimiento y la revisión constantes de las políticas, planes y acciones (SEMARNAT-INECC, 2012, 2019).

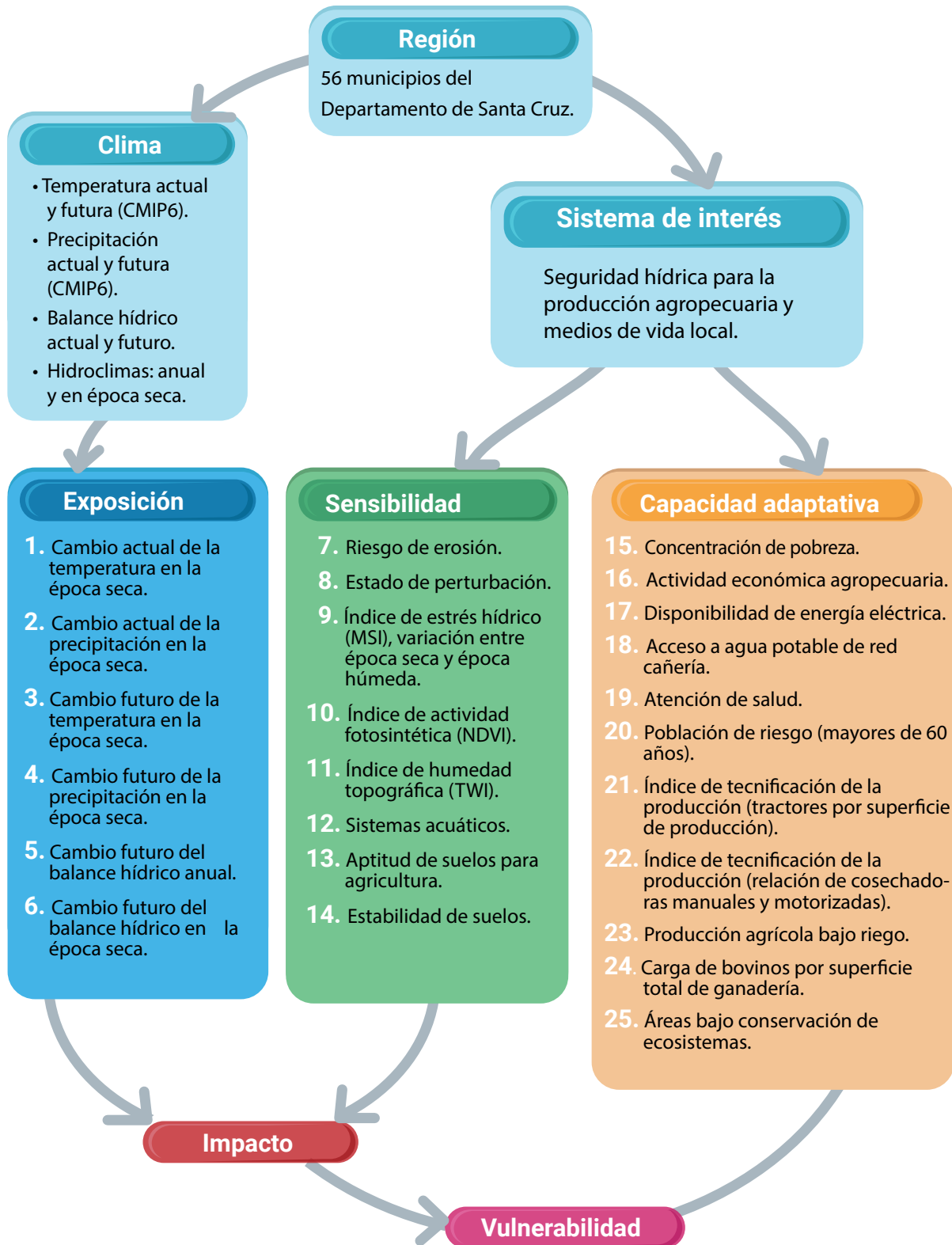
El Grupo de Trabajo II del IPCC en el Quinto y Sexto informe estableció que el análisis de la vulnerabilidad es prioritario para la reducción de los riesgos actuales y futuros asociados a la variabilidad climática y al cambio climático. Asegura que los impactos actuales por eventos extremos (ondas de calor, sequías, inundaciones, entre otros) han aumentado la vulnerabilidad y exposición de los ecosistemas y las poblaciones humanas a la variabilidad climática (IPCC, 2014, 2021).

La vulnerabilidad se define, como el grado en que los sistemas pueden verse afectados adversamente por el cambio climático, dependiendo de si éstos son capaces o incapaces de afrontar los impactos negativos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos. De acuerdo con esta definición, la vulnerabilidad no sólo depende de las condiciones climáticas adversas, sino también de la capacidad de la sociedad de anticiparse, enfrentar, resistir y recuperarse de un determinado impacto (PECC, 2014-2018). La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad adaptativa (DOF, 2012) (SEMARNAT-INECC, 2019).

Dadas las condiciones de vulnerabilidad a los efectos del cambio climático el departamento de Santa Cruz, y en el supuesto de que pueden intensificarse dichos impactos, se vuelve prioritario conocer, ubicar y visualizar de manera diferencial las condiciones de vulnerabilidad al cambio climático en las que se encuentran, la población, el sistema natural, la infraestructura y las actividades económicas.

El análisis de la vulnerabilidad, a través de la integración de los componentes de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, permite conocer las causas subyacentes de la vulnerabilidad y es un insumo importante para el análisis de las alternativas de adaptación. También facilita la vinculación del desarrollo local con las respuestas a eventos climáticos.

Bajo estos conceptos y argumentos, el análisis que presenta el Atlas de Vulnerabilidad al Cambio Climático en el Departamento de Santa Cruz, propone el siguiente modelo conceptual para definir los sitios, áreas y regiones con vulnerabilidad a los riesgos climáticos considerando como unidades administrativas a los municipios del departamento.



Fuente: elaboración propia, en base a GIZ 2015, IPCC 2014, 2021

Figura 3. Análisis de vulnerabilidad a los riesgos climáticos de los municipios del departamento de Santa Cruz



3

Análisis de vulnerabilidad al cambio climático

	Región y área de estudio
	Sistema de interés para la evaluación de vulnerabilidad
	Caracterización del clima (actual y futuro)
	Exposición climática
	Sensibilidad al cambio climático
	Impacto
	Capacidad adaptativa
	Vulnerabilidad

REGIÓN Y ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio abarca a los 56 municipios del departamento de Santa Cruz. El objetivo principal es la visualización de la vulnerabilidad a los riesgos principales relacionados al cambio climático para facilitar la evaluación regional de las consecuencias actuales/futuras y el desarrollo de medidas de adaptación en base de prioridades y potencial socioambientales de los municipios y regiones biogeográficas de los ecosistemas.



SISTEMA DE INTERÉS PARA LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

El enfoque principal de este Atlas es la identificación de riesgos y factores de la vulnerabilidad al cambio climático actual y futuro a la producción agropecuaria y la seguridad hídrica de los pobladores que habitan en los municipios del departamento de Santa Cruz en Bolivia.

Los análisis de impactos actuales y futuros en el calendario agrícola y balance hídrico a nivel mensual se pueden visualizar a través de los climogramas a escala municipal, según la información especializada de la precipitación de temperatura actual y futura proyectada al año 2050 según escenarios SSP585-ESGF/CMIP6. Esta información indica que al año 2050 ocurrirán modificaciones en el calendario agrícola tanto en la zona alta como en las tierras bajas del departamento de Santa Cruz. La precipitación a nivel mensual sufrirá cambios en el patrón de distribución habitual (normal), se observa que con relación al escenario actual la precipitación tiende disminuir drásticamente en los meses de abril, mayo, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, generándose un época lluviosa de menor cantidad de meses y probablemente con mayor intensidad, a ello se suma el incremento de la temperatura de aproximadamente 3°C que tiende a incrementar aún más en los meses de época seca (agosto, septiembre y octubre).

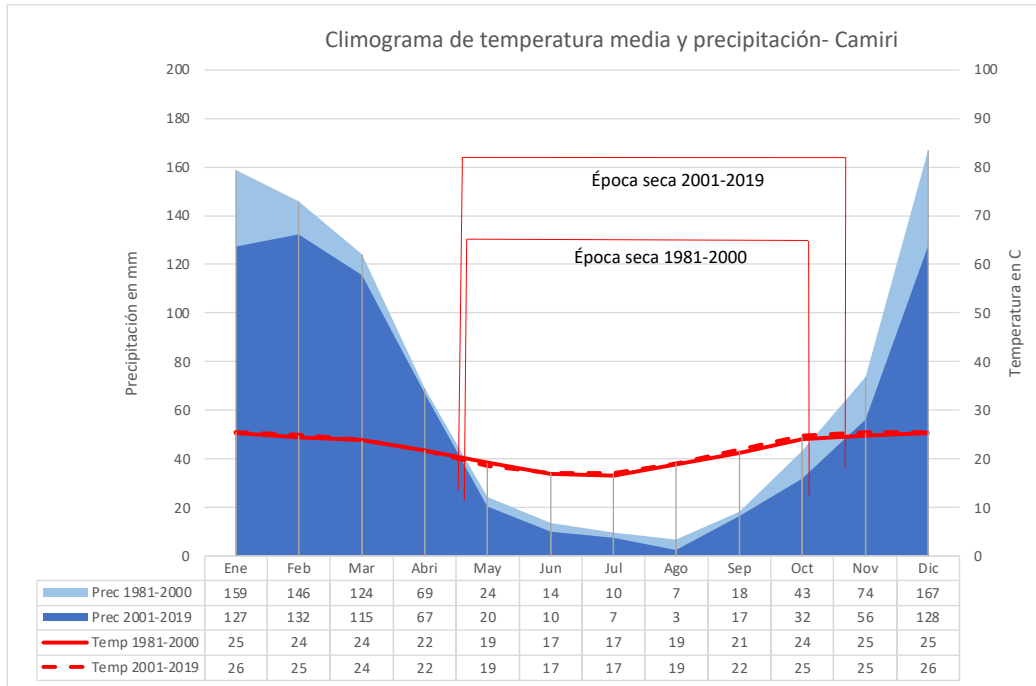
Los escenarios de cambio climático analizados para el año 2050, advierten el incremento de temperatura desde +3oC hasta +3,4oC según las tendencias observadas (escenario actual y futuro). Estos cambios

afectarán drásticamente la disponibilidad de agua en cantidad y calidad, debido a mayor pérdida de humedad por evaporación desde los suelos y transpiración de la vegetación. Según escenarios SSP585-ESGF/CMIP6, el requerimiento y necesidades de agua para los cultivos y la vegetación natural tenderá a ser mayor debido al incremento de temperatura, el cual impactará directamente en los patrones habituales de evapotranspiración.

La disponibilidad de agua y su dependencia con la funcionalidad de los ecosistemas son temas de preocupación en la política departamental, nacional e internacional, debido a su fragilidad y exposición a impactos por el cambio climático y las acciones humanas. Para desarrollar indicadores que orienten el desarrollo de acciones estratégicas, En el departamento de Santa Cruz, a escala municipal se analiza la alteración del balance hídrico actual respecto a los escenarios futuros proyectados al año 2050. Este análisis, identifica cambios que se suscitaran en la precipitación anual; el régimen de lluvias cambiará en la región sureste del área de estudio, donde se prevé una disminución hasta -29% en los valles cruceños.

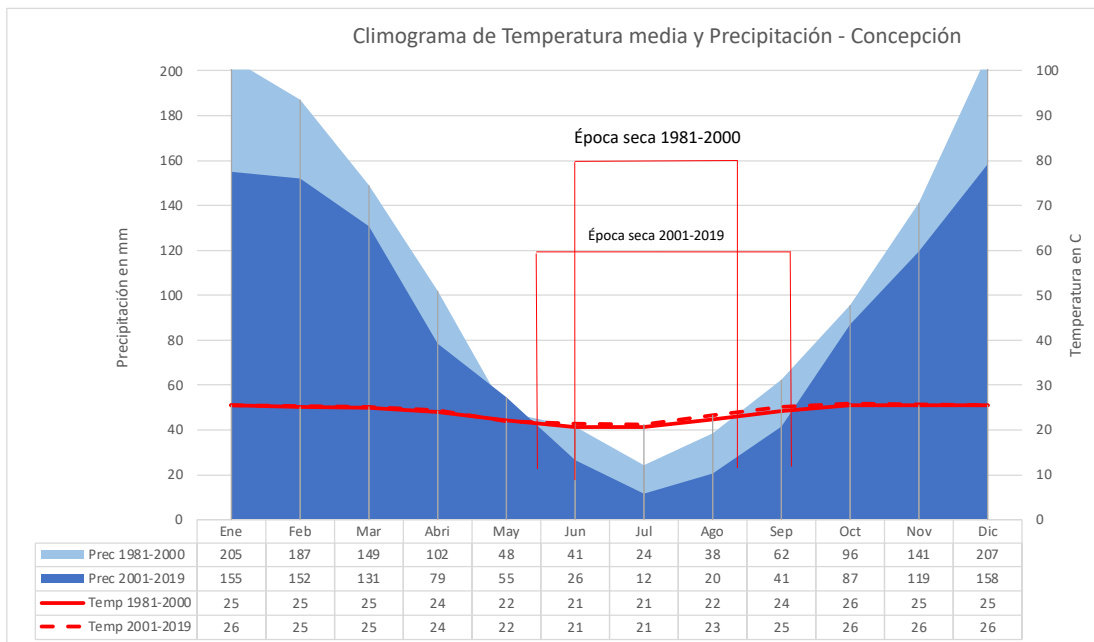


CAMIRI



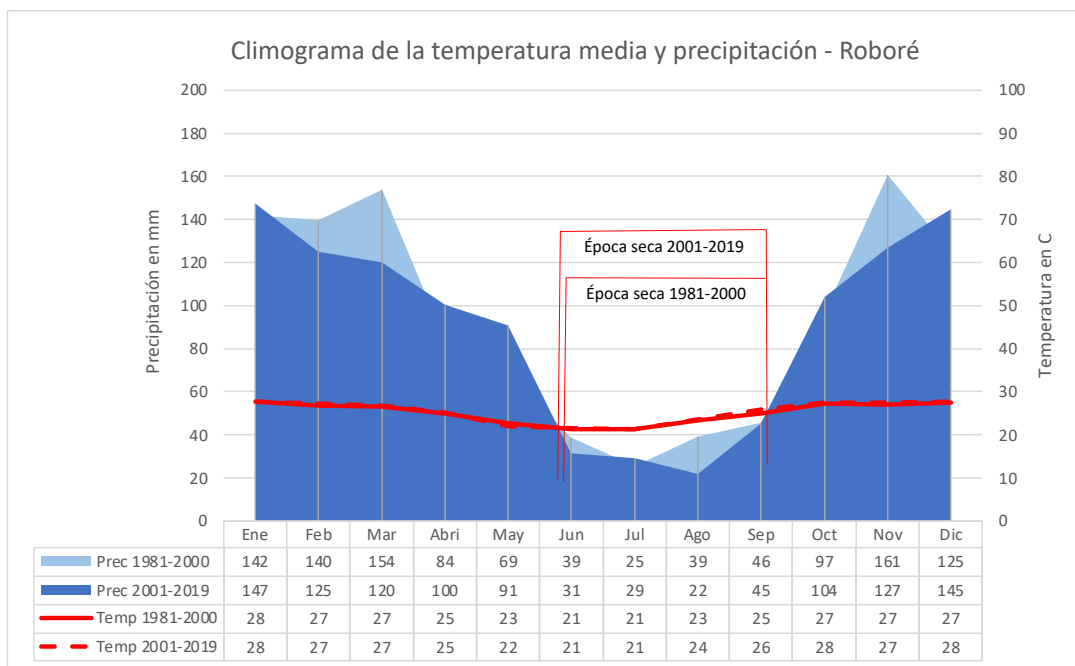
En la estación Camiri, se puede observar que la época seca de 1981-2000 termina a principios del mes de octubre y la época seca de 2001-2019 se extiende hasta casi finales de octubre; también podemos observar que hubo una disminución en las precipitaciones desde 2001-2019, por lo tanto, en los últimos 18 años en la región de Camiri no solo se extendió la época seca si no que las lluvias disminuyeron en la región.

CONCEPCIÓN



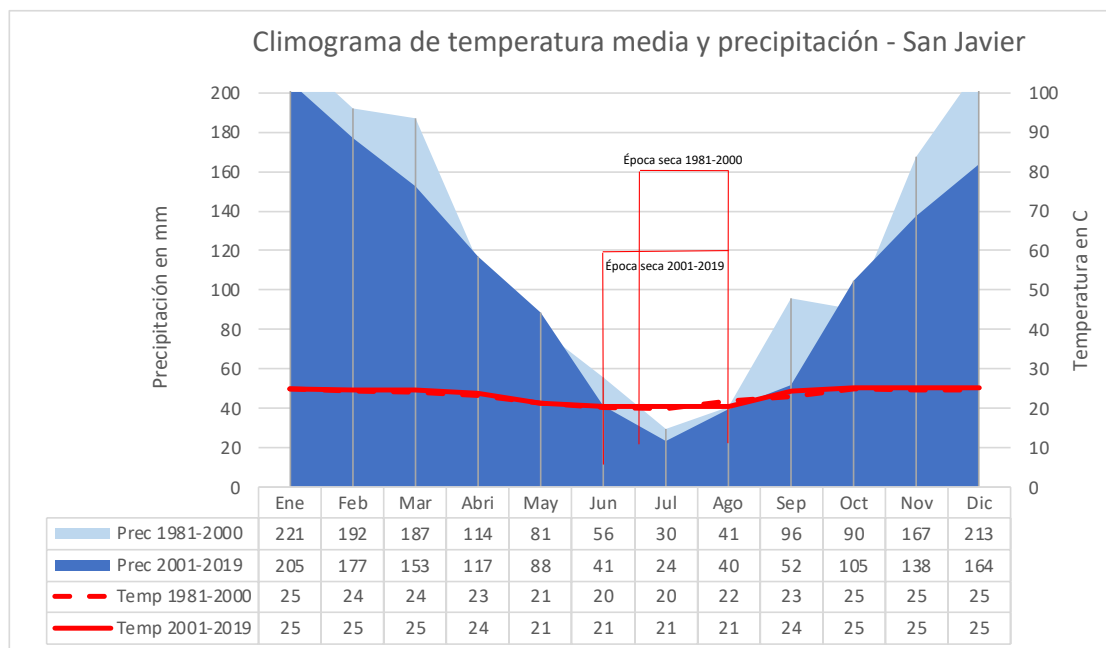
En la estación Concepción se observa que la época seca de 1981-2000 comienza en junio y termina a mediados de agosto y a partir de 2001 hasta el 2019 la época seca se extiende desde el mes de mayo hasta septiembre, también podemos observar una disminución significativa de las precipitaciones durante este periodo.

ROBORÉ



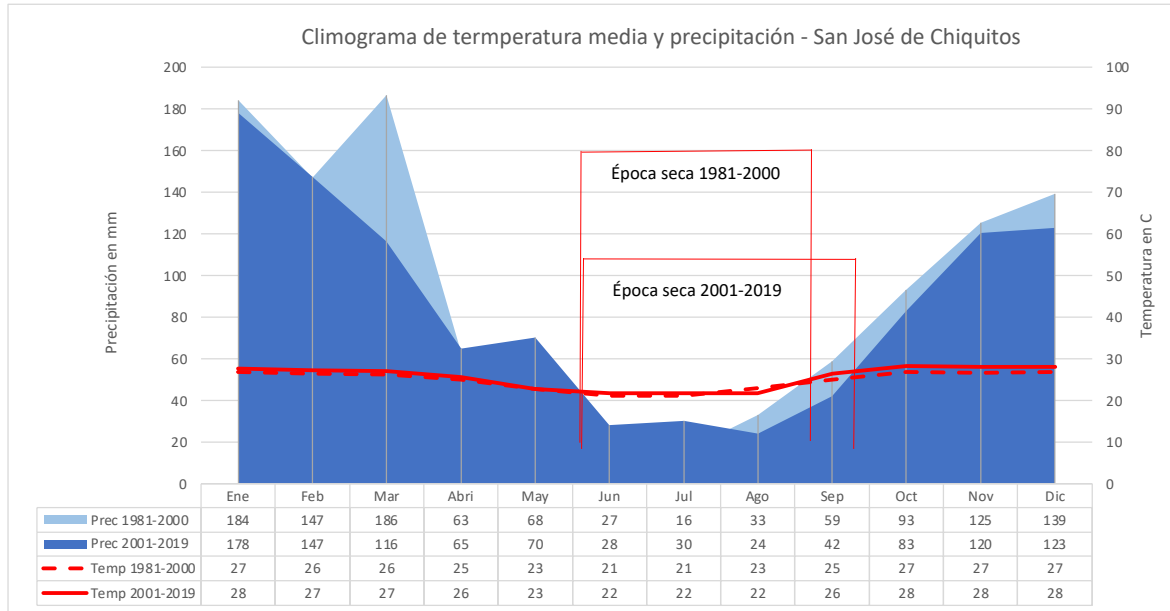
En la estación Roboré se observa que la época seca de 1981-2000 comienza en mayo y termina en septiembre, al igual que el periodo de 2001-2019, si bien no hay una variación muy significativa, se puede observar que en este último periodo las precipitaciones descendieron.

SAN JAVIER



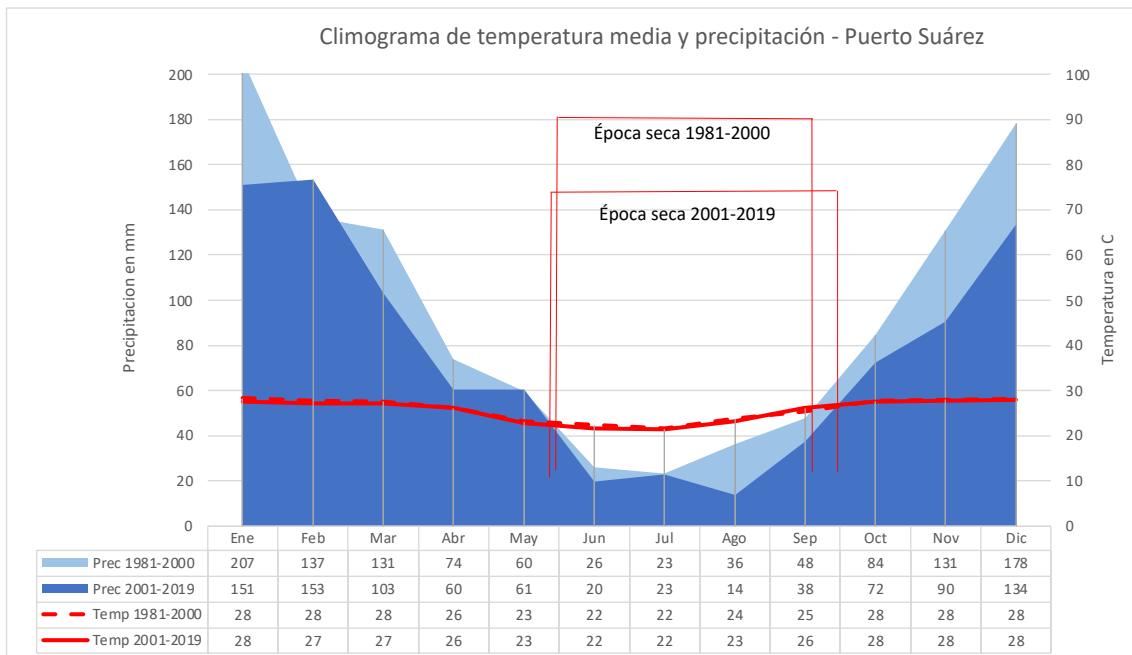
En la estación San Javier se observa que la época seca del periodo de 1981-2000 comienza a mediados de junio y termina en agosto, a partir del periodo de 2001-2019 la época seca se extiende hasta principios de junio, a su vez las precipitaciones tienen picos menos fluctuantes.

SAN JOSÉ DE CHIQUITOS



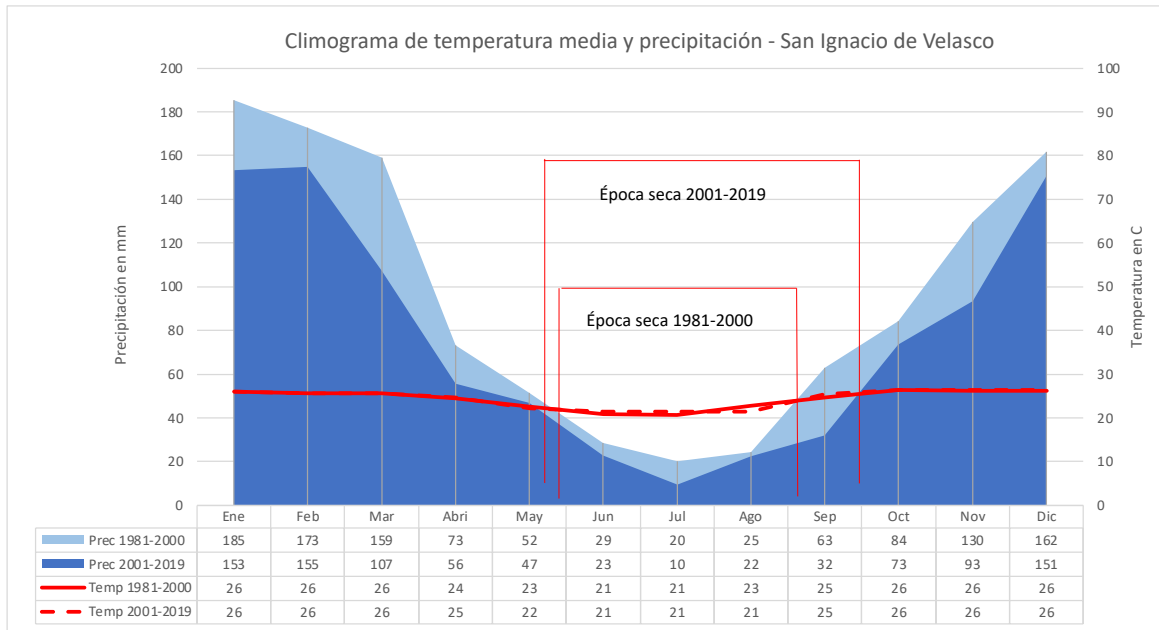
La estación San José de Chiquitos registra el comienzo de la época seca de 1981-2000 en mayo hasta finales de agosto, en el caso del periodo 2001-2019 la época seca se alarga hasta septiembre, también se puede observar que la precipitación en este periodo descendió.

PUERTO SUÁREZ



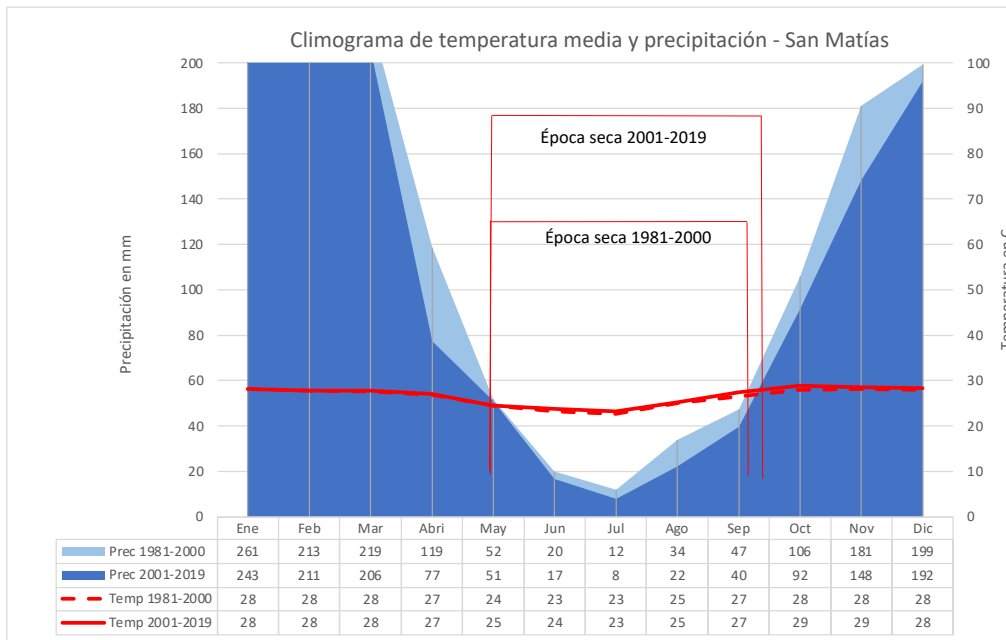
La estación Puerto Suarez registra el comienzo de la época seca de 1981-2000 en mayo hasta septiembre a diferencia del periodo de 2001-2019 donde se puede observar que la época seca se extiende hasta mediados de septiembre, también se puede observar la disminución de precipitaciones en el último periodo.

SAN IGNACIO DE VELASCO



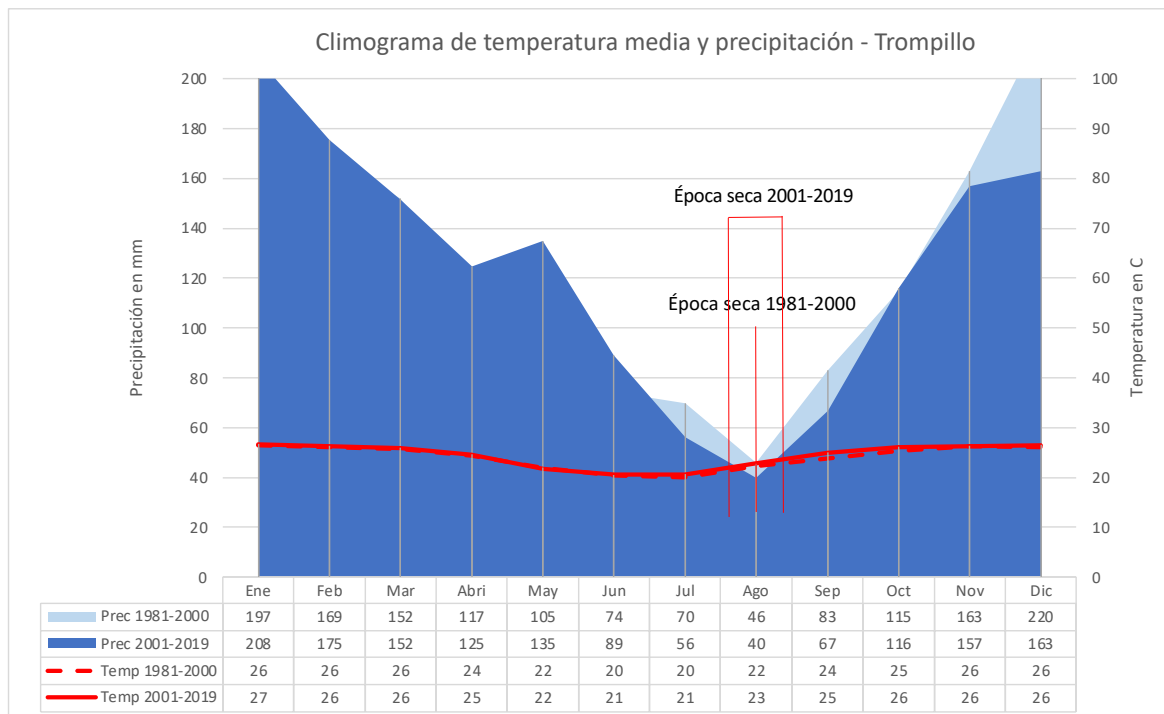
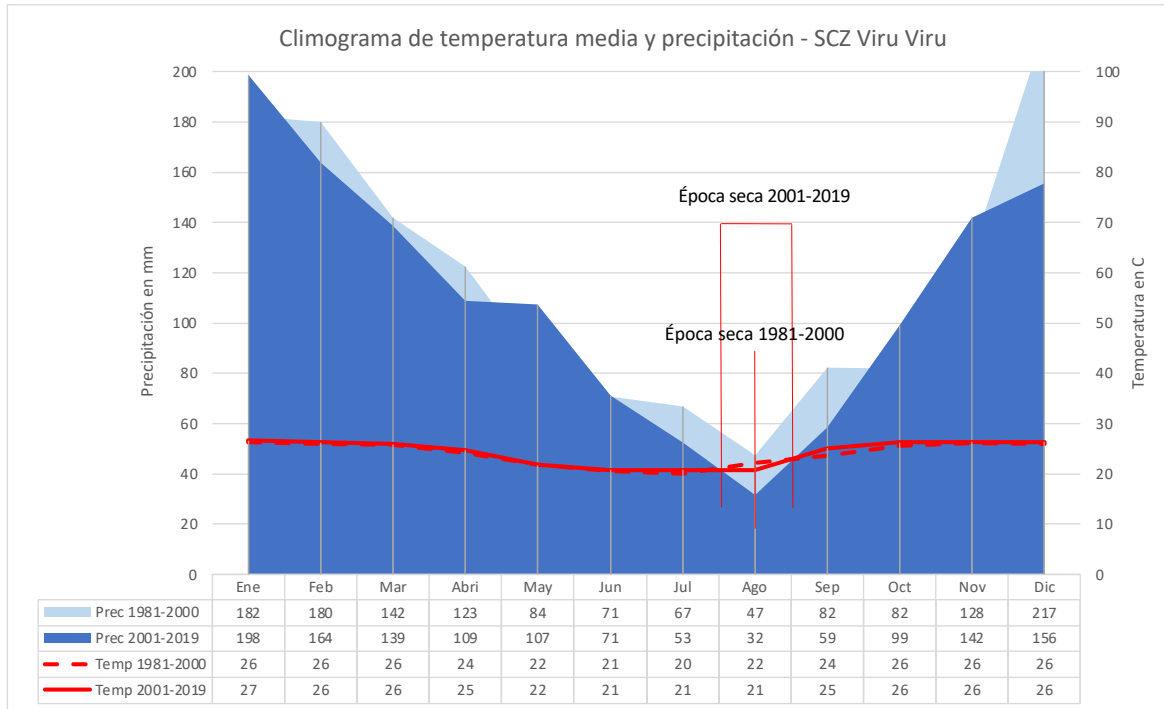
En la estación San Ignacio, se puede observar que la época seca de 1981-2000 comienza en el mes de mayo y termina a mediados de agosto, en el periodo de 2001-2019 la época seca comienza antes en el mes de mayo y se extiende hasta septiembre, también podemos observar que hubo una disminución significativa en las precipitaciones desde 2001-2019.

SAN MATÍAS



En la estación San Matías, se puede observar que la época seca de 1981-2000 comienza en el mes de mayo y termina en septiembre, en el periodo de 2001-2019 la época seca comienza antes en el mes de mayo y se extiende hasta mediados de septiembre, también podemos observar que hubo una disminución significativa en las precipitaciones desde 2001-2019.

SANTA CRUZ DE LA SIERRA



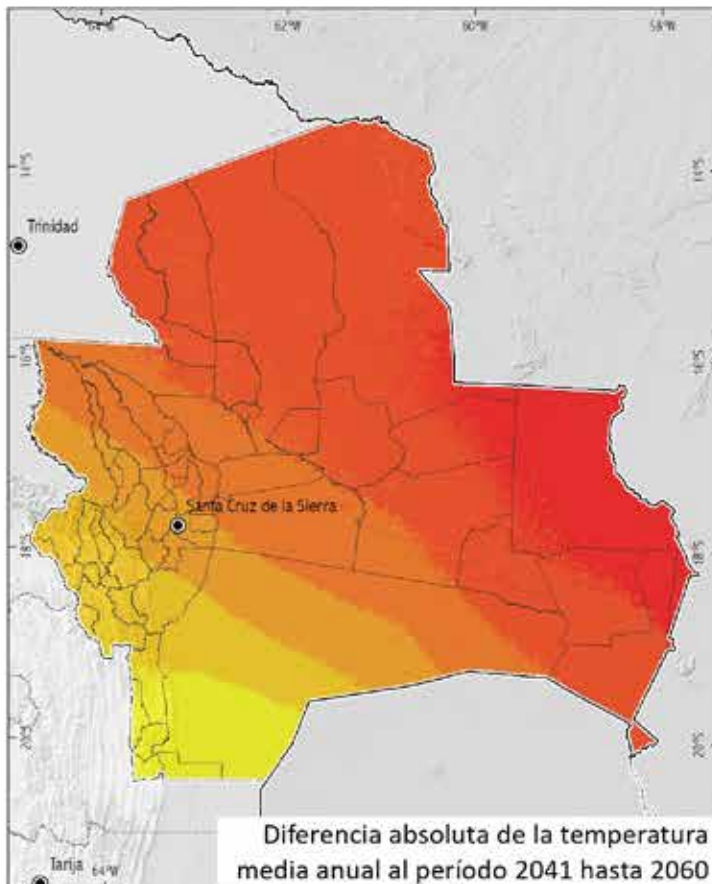
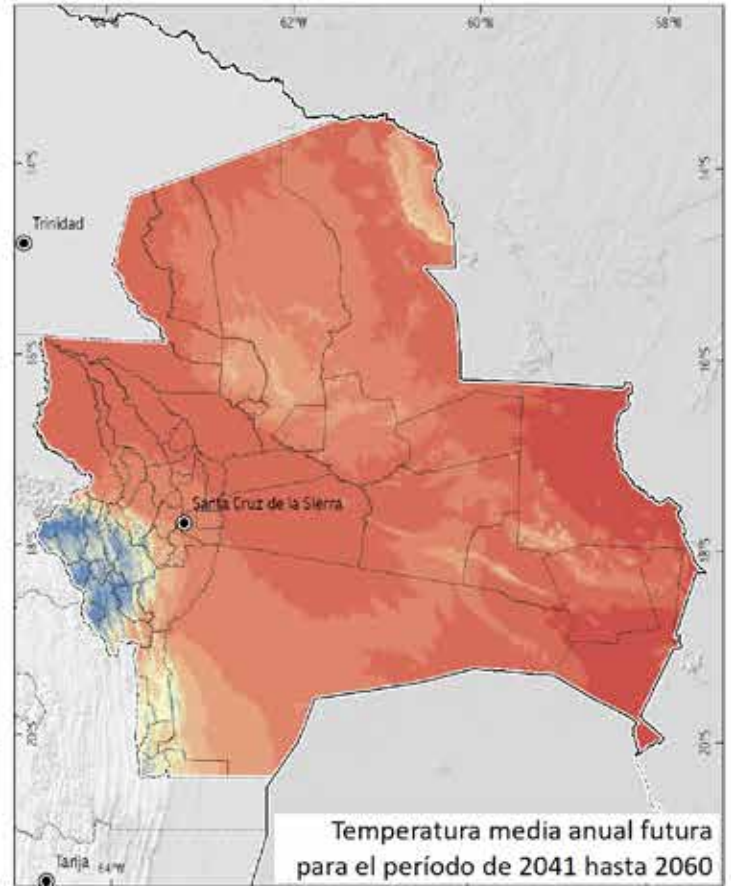
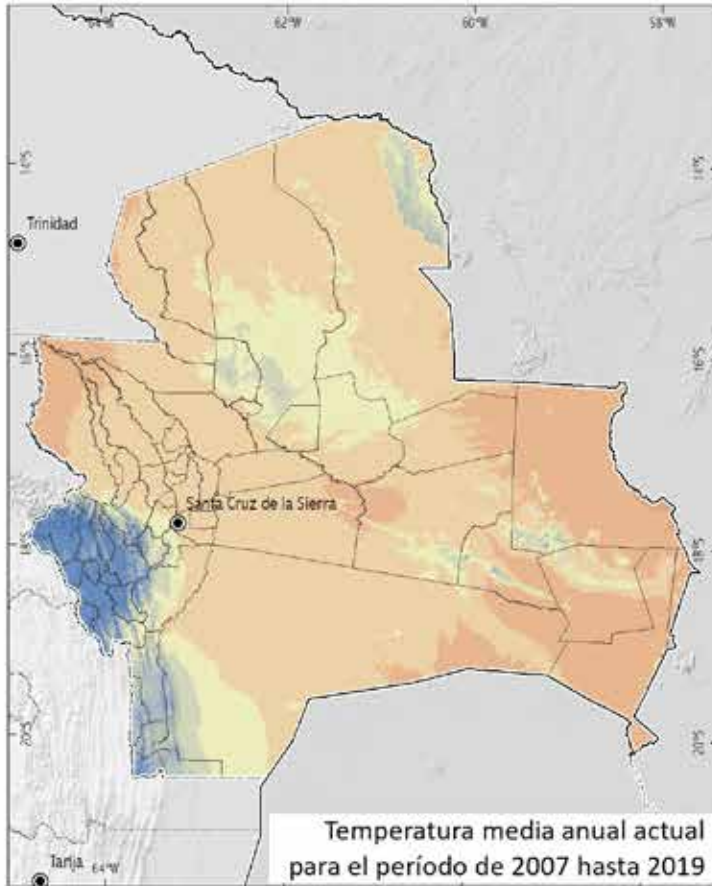
Los datos de la estación de Viru Viru y el Trompillo en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra indican que en el periodo de 1981-2000 la época seca tiene una corta duración en el mes de agosto, es a partir del periodo 2001-2019 que en ambas estaciones se registra un aumento desde julio hasta agosto.



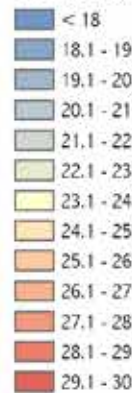
CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA: ACTUAL Y FUTURO

El cambio climático causa un incremento de la temperatura global y alteraciones al ciclo hidrológica. Estadísticas como promedios están utilizados para identificar las tendencias y evaluar el grado de impacto en lo actual y hacia el futuro.

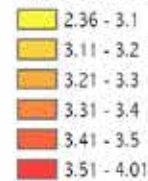
Para visualizar las variaciones actuales y proyectadas al futuro, este capítulo muestra el mapeo cartográfico de los promedios anuales y en la época seca de la precipitación, la temperatura y el balance hídrico como factor de disponibilidad de agua para el período histórica de 1980 hasta 2020 y para un escenario futuro (SSP585) en el año 2050.



Temperatura °C



Diferencia °C



Fuente de los datos:

Temperatura 1979-2013:
 CHIRAS V 1.2, Karger et al (2017). Climatologies at high resolution for the Earth land surface areas. Scientific Data. 4 170122. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>

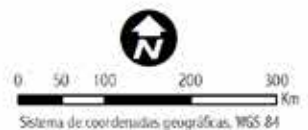
Temperatura 2011-2060:
 Promedio de los siguientes tres modelos de circulación atmosférica CMIP6 para el escenario futuro SSP585.
 - CanESM5, Swart et al. (2019). Model output prepared for CMIP6, Version 20210310. Earth System Grid Federation. <https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.1317>.
 - MRI-ESM2-0, Takemoto et al. (2019). Model output prepared for CMIP6, Version 20210310. Earth System Grid Federation. <https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.621>.
 - IPSL-CM6A-MR1, Boucher et al. (2019). Model output prepared for CMIP6, Version 20210310. Earth System Grid Federation. <https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.5262>

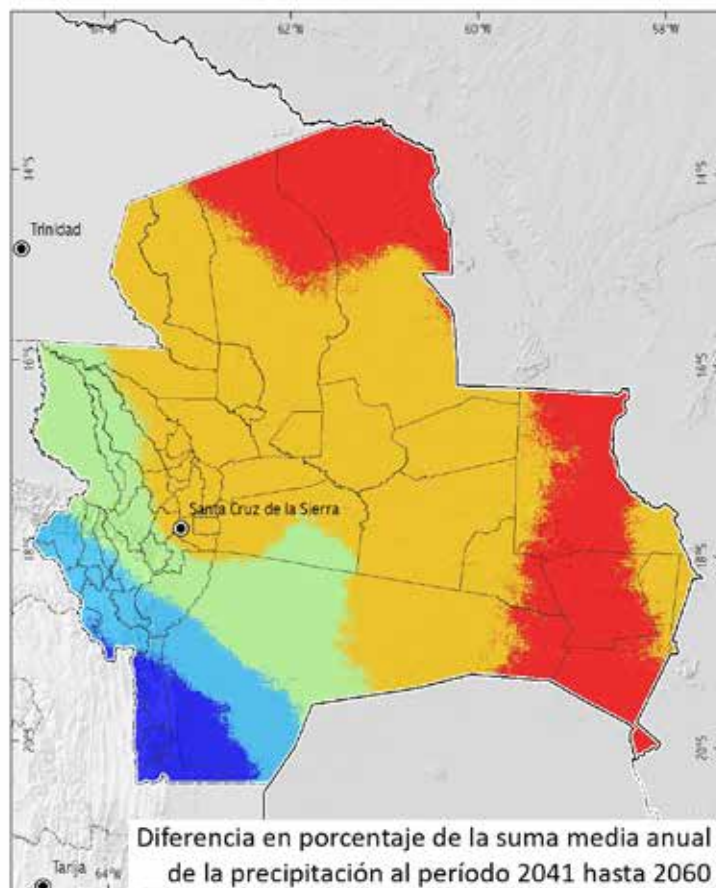
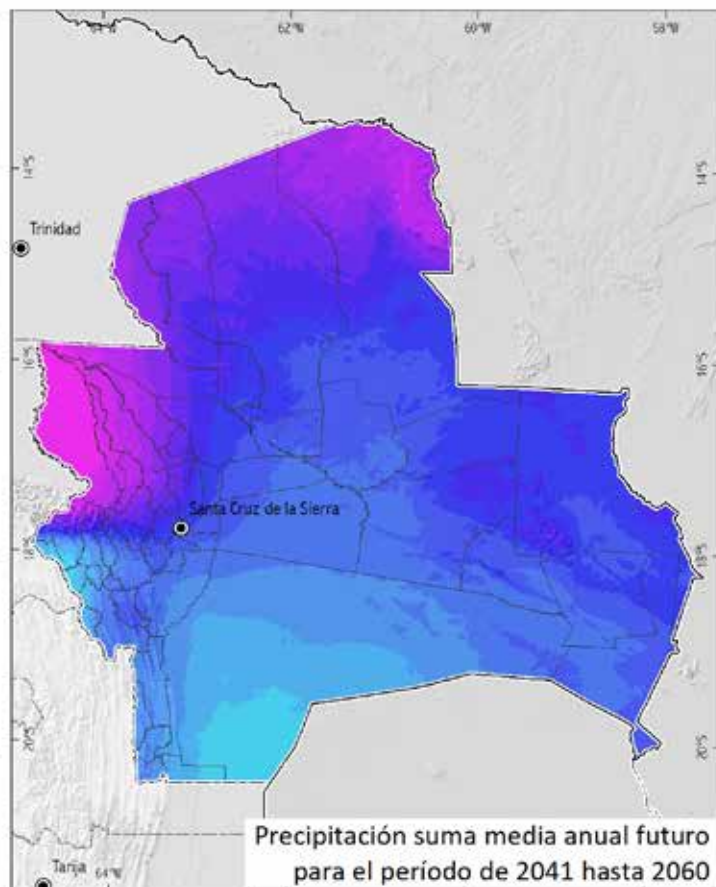
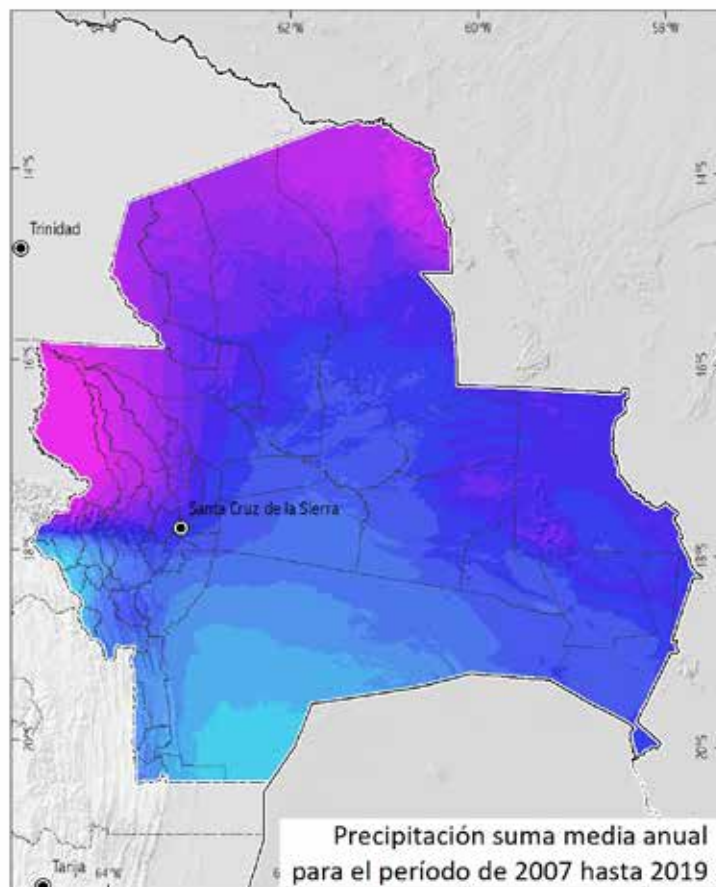
Referencias

- Capital departamental
- Limite internacional
- Limite departamental
- Limite municipal

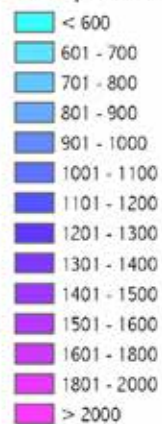


Elaborado por Fundación Amigos de la Naturaleza:
 Autores: I. Spickenbom, M. Quintanilla, S. Cuellic, S. Espinoza, I. Colina, H. Durán
 Fuente: Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático de Santa Cruz
 Diseño de mapas: I. Spickenbom
 Julio 2021





Precipitación mm/a



Diferencia %



Fuente de los datos:

Precipitación 2007-2019:
Monthly precipitation in mm at 1 km resolution based on SM2RAIN
ASCAI 2007-2018 and IMERG 2014-2018. 10.5281/zenodo.1435912.

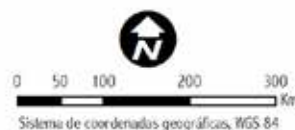
Precipitación 2041-2060:
Promedio de los siguientes tres modelos de circulación atmosférica
CMIP6 para el escenario futuro SSP585.
- CanESM5, Swart et al. (2019). Model output prepared for CMIP6.
Version 20210310. Earth System Grid Federation.
<https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.1317>.
- MRI-ESM2-0, Yukimoto et al. (2019). Model output prepared for
CMIP6. Version 20210310 Earth System Grid Federation.
<https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.621>.
- IPSL-CM6A-MR1, Boucher et al. (2019). Model output prepared for
CMIP6. Version 20210310. Earth System Grid Federation.
<https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.5262>

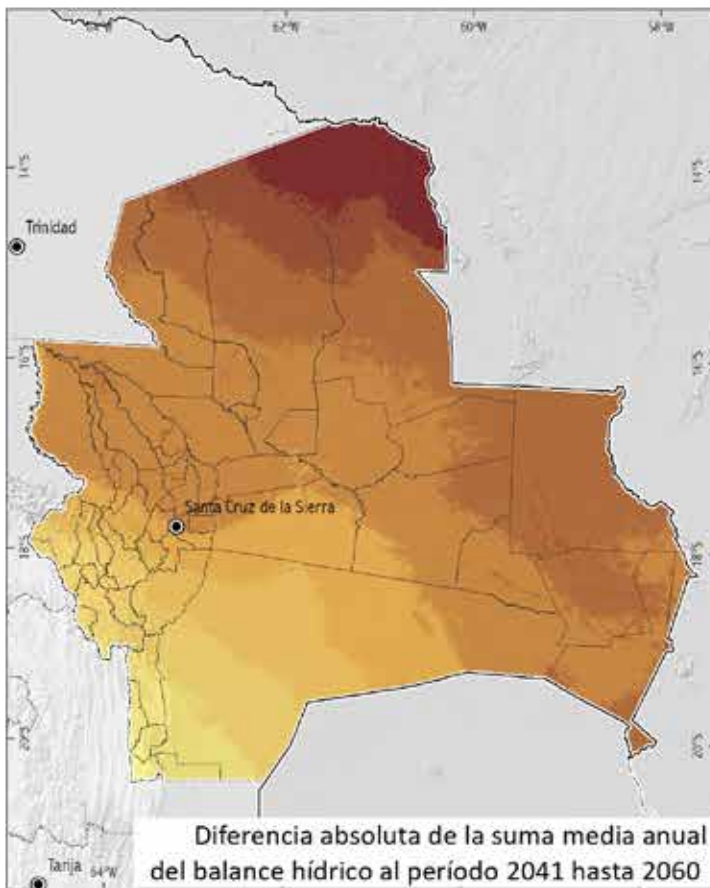
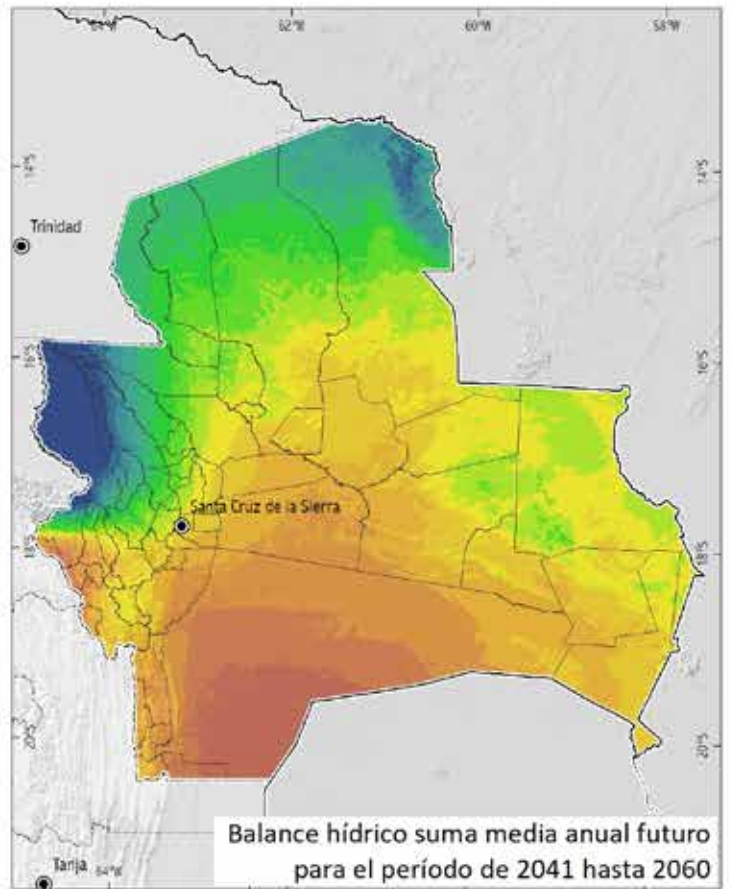
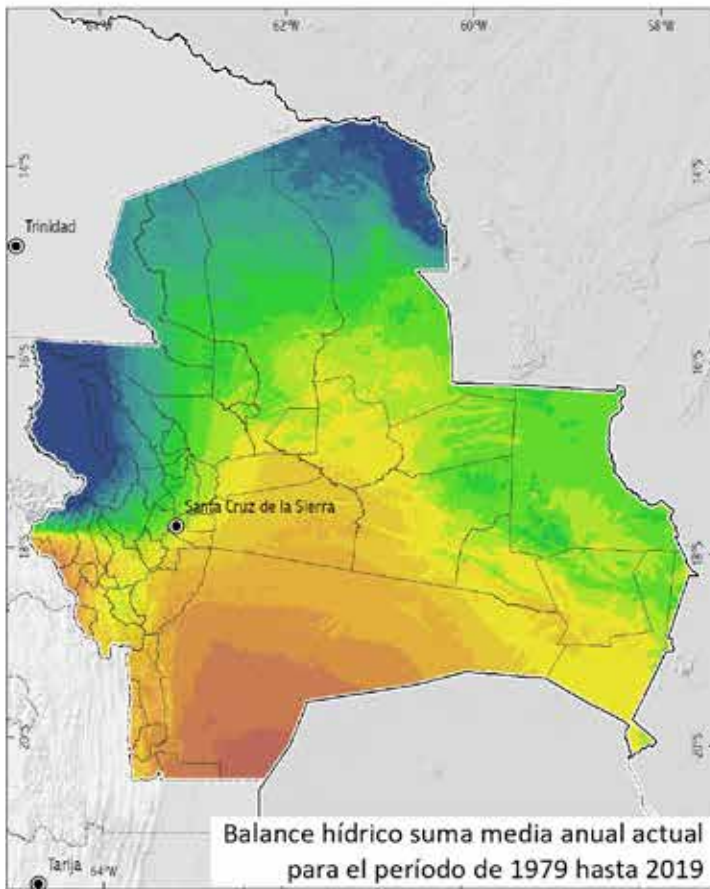
Referencias

- Capital departamental
- Limite internacional
- Limite departamental
- Limite municipal

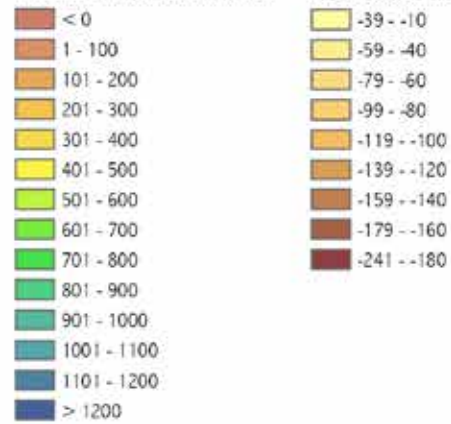


Elaborado por Fundación Amigos de la Naturaleza:
Autores: L. Spickenbom, M. Quintanilla, S. Cueñas, S. Espinoza,
J. Cobrío, H. Durán
Fuente: Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático de Santa Cruz
Diseño de mapas: L. Spickenbom
Julio 2021





Balance hídrico mm/a **Diferencia mm/a**



Referencias

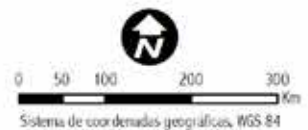
- Capital departamental
- Límite internacional
- Límite departamental
- Límite municipal

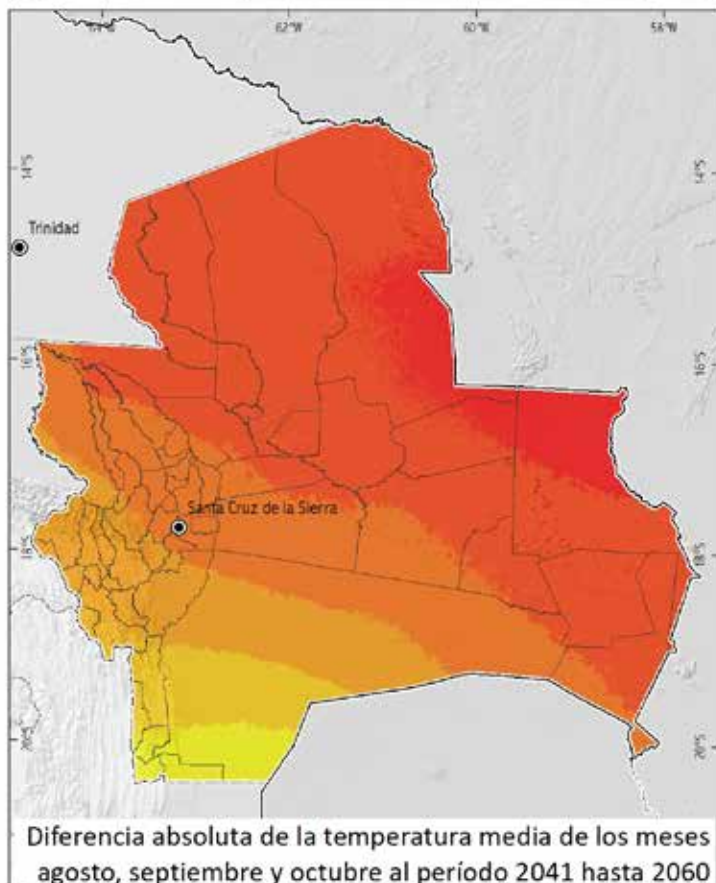
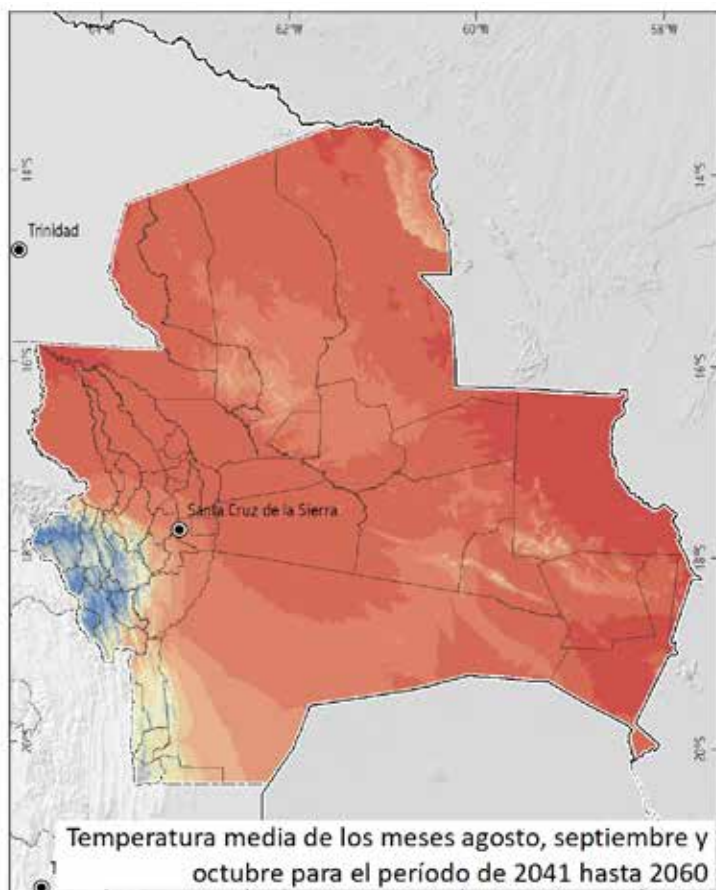
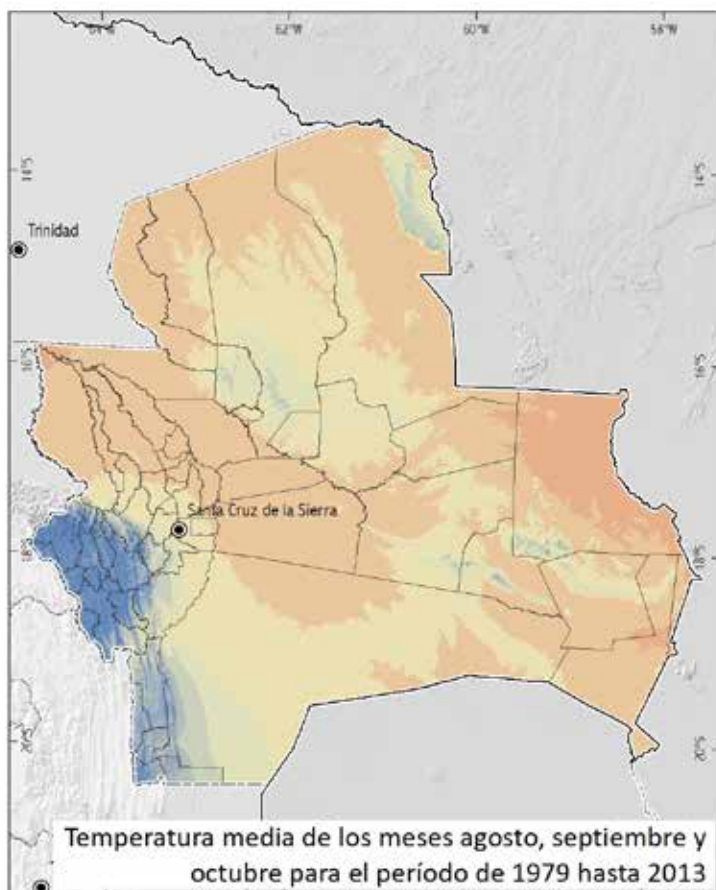
Fuente de los datos:

Balance hídrico:
Cálculo propio. Spickenbom, I. (2021)

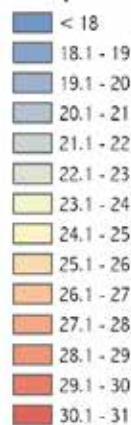
Escenario futuro SSP 585 para el período 2041-2060

Elaborado por Fundación Amigos de la Naturaleza:
Autores: I. Spickenbom, M. Quintanilla, S. Caellas, S. Espinoza,
I. Cotrina, H. Durán
Fuente: Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático de Santa Cruz
Diseño de mapa: I. Spickenbom
Julio 2021

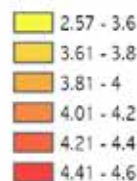




Temperatura °C



Diferencia °C



Fuente de los datos:

Temperatura 1979-2013:
CHESLA V.1.2, Karger et al (2017). Climatologies at high resolution for the Earth land surface areas. Scientific Data. 4 170122. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>

Temperatura 2041-2060:
Promedio de los siguientes tres modelos de circulación atmosférica OMP6 para el escenario futuro SSP585.
- CanESM5, Swart et al. (2019). Model output prepared for OMP6. Version 20210310. Earth System Grid Federation. <https://doi.org/10.22033/ESGF/OMP6.621>
- MI6-ESM2-0, Yokimoto et al. (2019). Model output prepared for OMP6. Version 20210310 Earth System Grid Federation. <https://doi.org/10.22033/ESGF/OMP6.1317>
- IPSL-CM6A-MR1, Boucher et al. (2019). Model output prepared for OMP6. Version 20210310. Earth System Grid Federation. <https://doi.org/10.22033/ESGF/OMP6.5262>

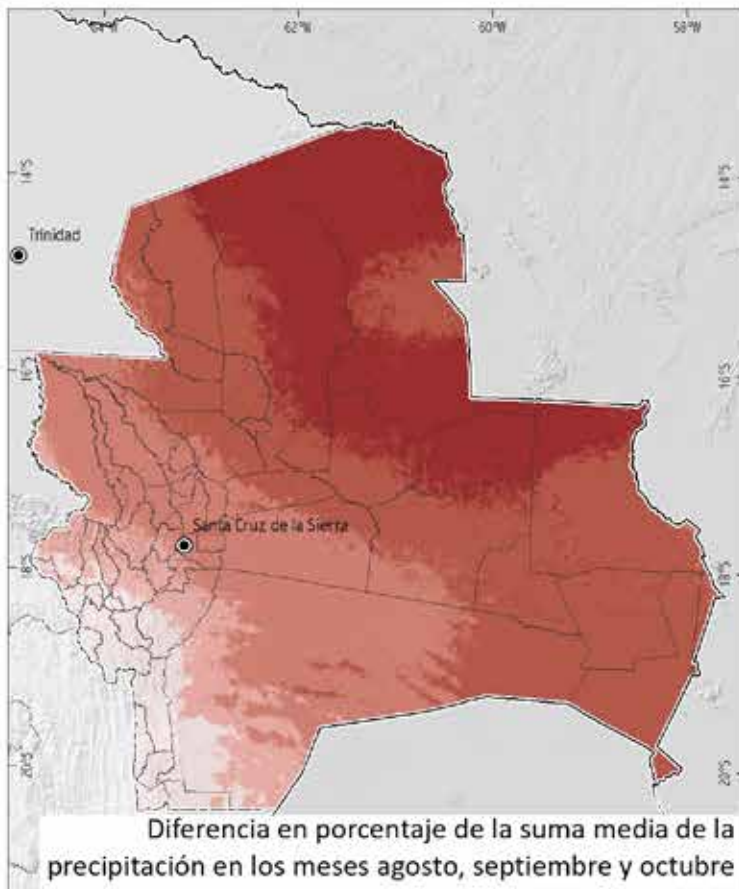
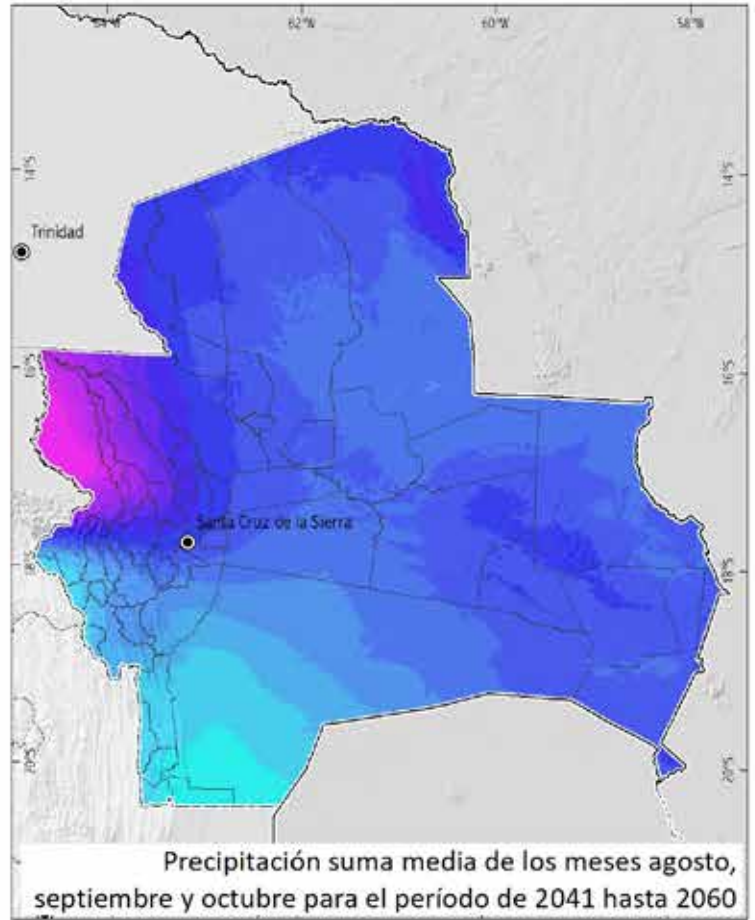
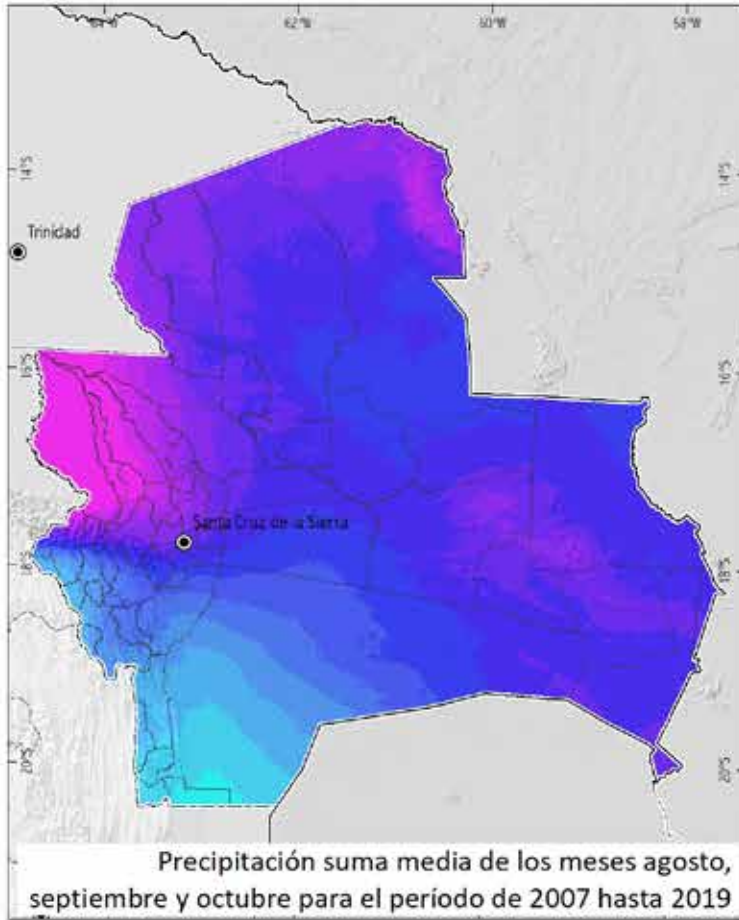
Referencias

- Capital departamental
- Limite internacional
- Limite departamental
- Limite municipal



Elaborado por Fundación Amigos de la Naturaleza:
Autores: I. Spickenbom, M. Quintanilla, S. Caellas, S. Espinoza, I. Cotrina, H. Durán
Fuente: Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático de Santa Cruz
Diseño de mapa: I. Spickenbom
Julio 2021





Precipitación mm	Diferencia %
43 - 60	-19,9 - -18
61 - 80	-21,9 - -20
81 - 100	-23,9 - -22
101 - 120	-25,9 - -24
121 - 140	-29,6 - -26
141 - 160	
161 - 180	
181 - 200	
201 - 220	
221 - 240	
241 - 260	
261 - 280	
281 - 300	
301 - 500	

Fuente de los datos:

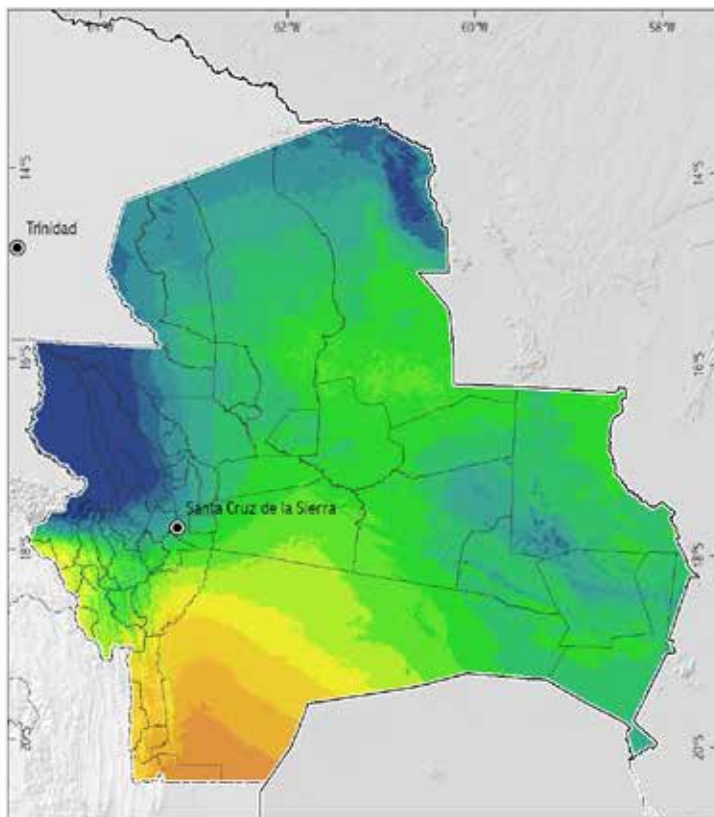
Precipitación 2007-2019:
Monthly precipitation in mm at 1 km resolution based on SM2RAIN
ASCAT 2007-2018 and IMERG 2014-2018. 10.5281/zenodo.1435912.

Precipitación 2041-2060:
Promedio de los siguientes tres modelos de circulación atmosférica
CMIP6 para el escenario futuro SSP585.
- CanESM5. Swart et al. (2019). Model output prepared for CMIP6.
Version 20210310. Earth System Grid Federation.
<https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.1317>.
- MRI-ESM2-0. Yukimoto et al. (2019). Model output prepared for
CMIP6. Version 20210310 Earth System Grid Federation.
<https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.621>.
- IPSL-QM6A-MR1. Boucher et al. (2019). Model output prepared for
CMIP6. Version 20210310. Earth System Grid Federation.
<https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.5262>.

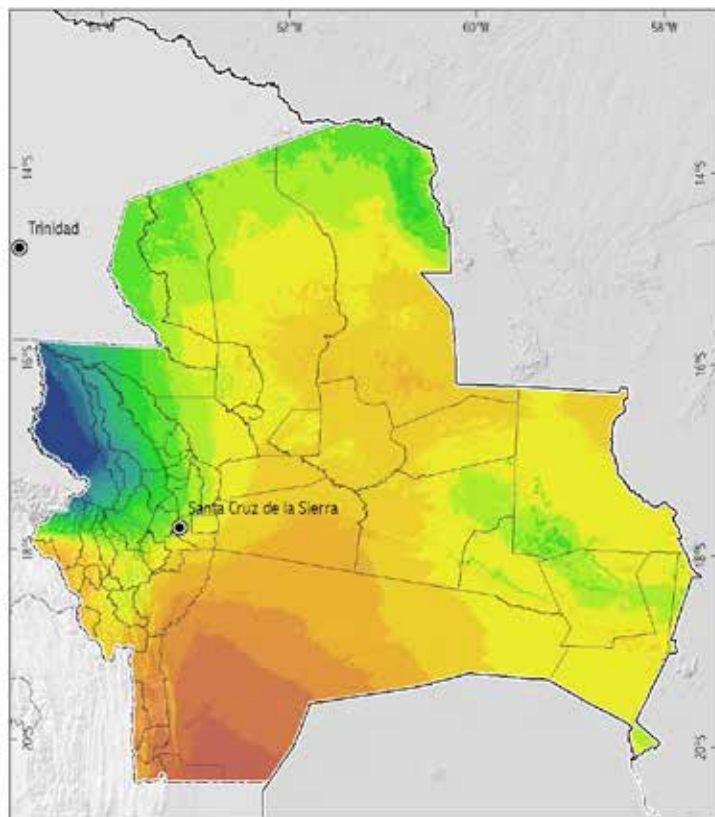
Referencias

- Capital departamental
- Limite internacional
- Limite departamental
- Limite municipal

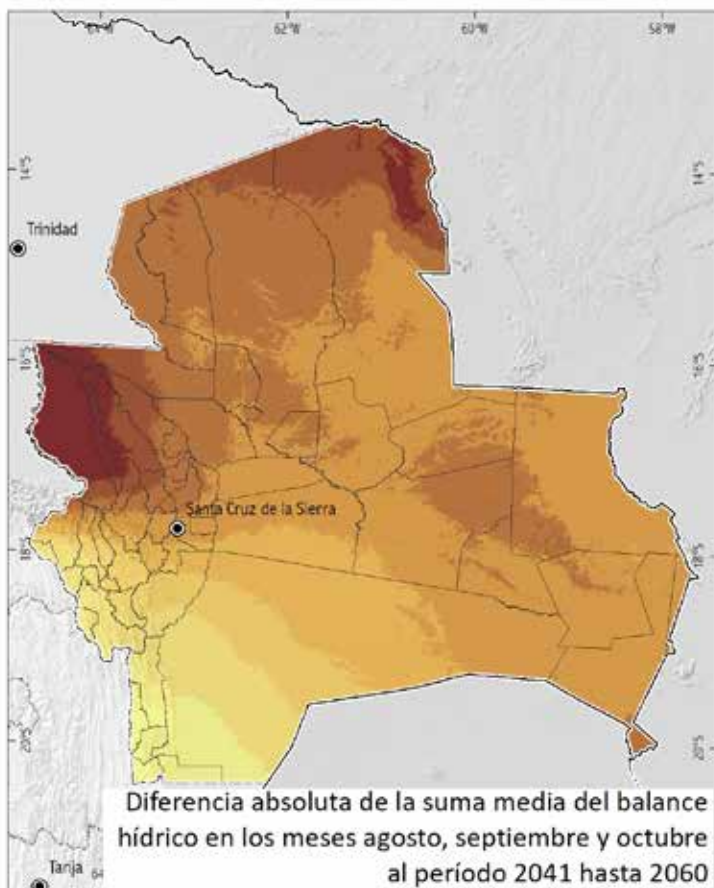
Elaborado por Fundación Amigos de la Naturaleza:
Autores: J. Spickenbom, M. Quintanilla, S. Cuellar, S. Espinoza,
I. Cotrina, H. Durán
Fuente: Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático de Santa Cruz
Diseño de mapa: J. Spickenbom
Julio 2021



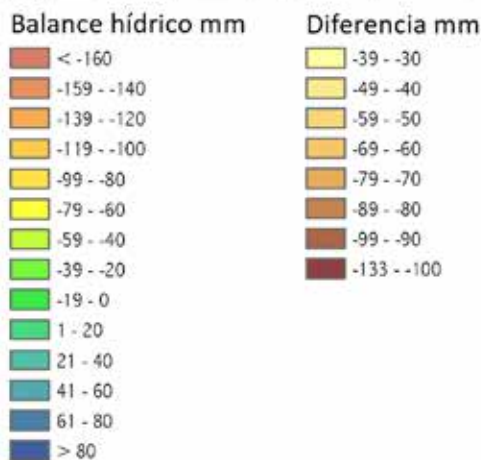
Balance hídrico suma media de los meses agosto, septiembre y octubre para el período de 2007 hasta 2019



Balance hídrico suma media de los meses agosto, septiembre y octubre para el período de 2041 hasta 2060



Diferencia absoluta de la suma media del balance hídrico en los meses agosto, septiembre y octubre al período 2041 hasta 2060



Referencias

- Capital departamental
- Limite internacional
- Limite departamental
- Limite municipal

Fuente de los datos:

Balance hídrico:
Cálculo propio. Spickenborn, I. (2021)

Escenario futuro SSP 585 para el período 2041-2060

Elaborado por Fundación Amigos de la Naturaleza:
Autores: I. Spickenborn, M. Quintanilla, S. Caellas, S. Espinoza,
I. Cotrina, H. Durán
Fuente: Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático de Santa Cruz
Diseño de mapas: I. Spickenborn
Julio 2021





EXPOSICIÓN

Los indicadores de exposición visualizan las tendencias de la temperatura, la precipitación y del balance hídrico para evaluar el grado de afectación de los municipios de Santa Cruz por el cambio climático actual y futuro con enfoque especial en las variaciones en los meses de la época seca de agosto, septiembre y octubre.

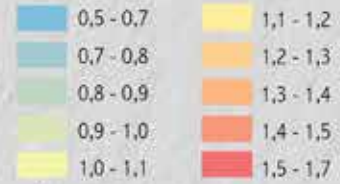
Categoría	ID	Criterio	Indicador	Fuente	Literatura relacionada
Exposición	1	Incremento actual de la temperatura en la época seca.	Diferencia absoluta de la temperatura media en los meses ago, sep, oct entre los periodos históricos 1981-2000 y 2001-2020.	Elaboración propia en base de datos ERA5.	Copernicus Climate Change Service (C3S) (2017): ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS), (date of access), https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home
	2	Decremento actual de la precipitación en la época seca.	Diferencia en porcentaje de la suma de la precipitación en los meses ago, sep, oct entre los periodos históricos 1981-2000 y 2001-2020.	Elaboración propia en base de datos ERA5.	
	3	Incremento futuro de la temperatura en la época seca.	Diferencia absoluta del promedio de la temperatura media en los meses ago, sep, oct entre 2050 y 2020.	Worldclim CMIP6, modificación regional.	CHELSA V1.2. Karger et al (2017). Climatologies at highresolution for the Earth land surface areas. Scientific Data.4 170122. https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122
	4	Decremento futuro de la precipitación en la época seca.	Diferencia en porcentaje de la suma de la precipitación entre 2050 y 2020 en los meses ago, sep, oct.	Worldclim CMIP6, modificación regional.	Monthly precipitation in mm at 1 km resolution based onSM2RAIN ASCAT 2007-2018 and IMERG 2014-2018.10.5281/zenodo.1435912.
	5	Cambio futuro del balance hídrico anual.	Diferencia de la suma anual del balance hídrico entre 2050 y 2020 en porcentaje de la precipitación anual 2020.	Elaboración propia en base de Worldclim CMIP6.	- CanESM5. Swart et al. CCCma model output preparedfor CMIP6 ScenarioMIP. Version 20210310. EarthSystem Grid Federation. https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.1317 - MRI-ESM2-0. Yukimoto et al. (2019). Model outputprepared for CMIP6 CMIP. Version 20210310 EarthSystem Grid Federation. https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.621 - IPSL-CM6A-MR1. Boucher et al. (2019). Model outputprepared for CMIP6 ScenarioMIP ssp585. Version20210310. Earth System Grid Federation. https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.5262
	6	Cambio futuro del balance hídrico en la época seca.	Diferencia de la suma del balance hídrico entre 2050 y 2020 en los meses ago, sep, oct en porcentaje de precipitación en los mismos meses 2020.	Elaboración propia en base de Worldclim CMIP6.	

Incremento Actual de Temperatura



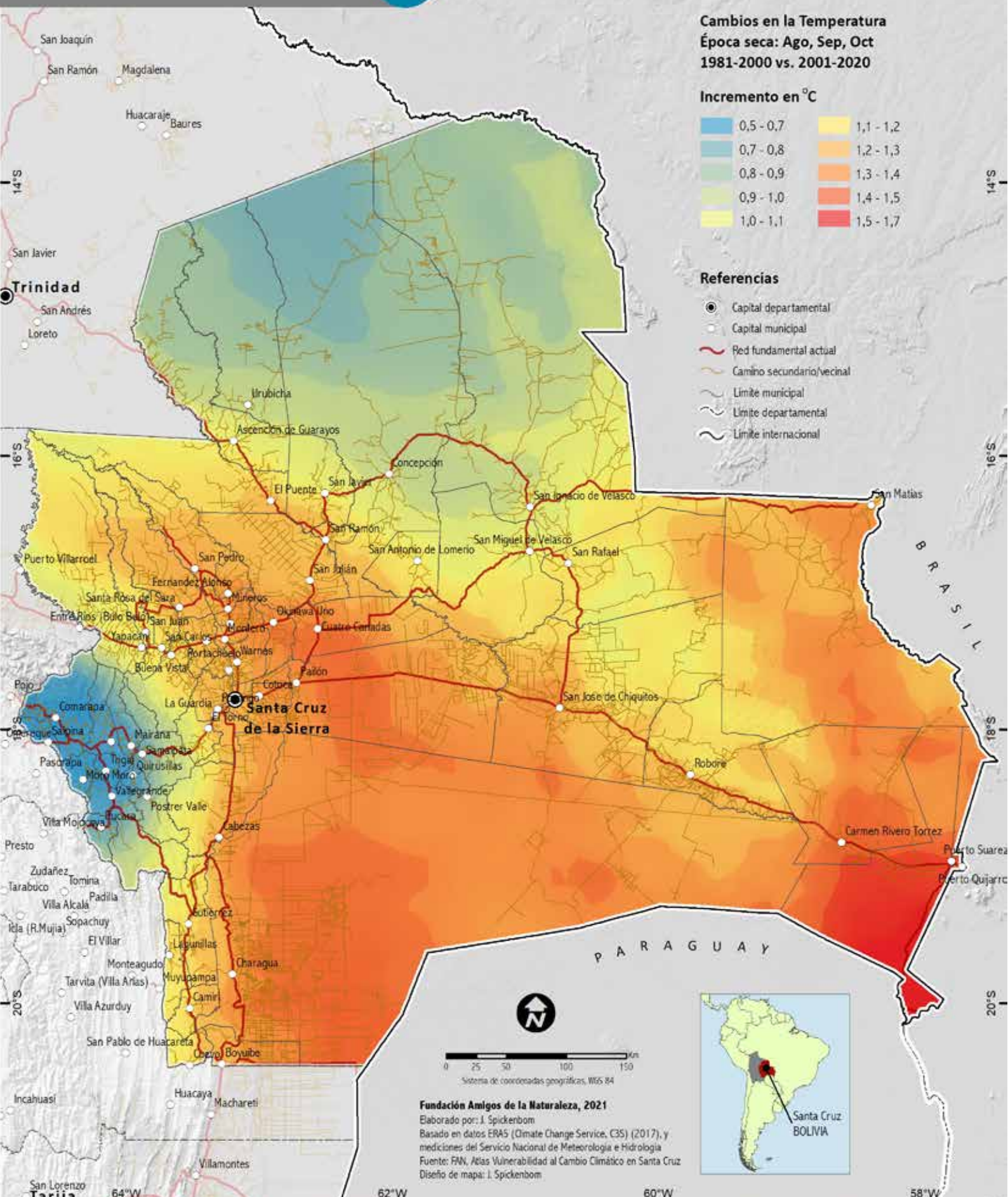
Cambios en la Temperatura Época seca: Ago, Sep, Oct 1981-2000 vs. 2001-2020

Incremento en °C



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
Elaborado por: J. Spickenbom
Basado en datos ERAS (Climate Change Service, C3S) (2017), y mediciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapa: J. Spickenbom

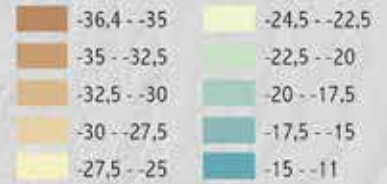


Decremento actual en Precipitación



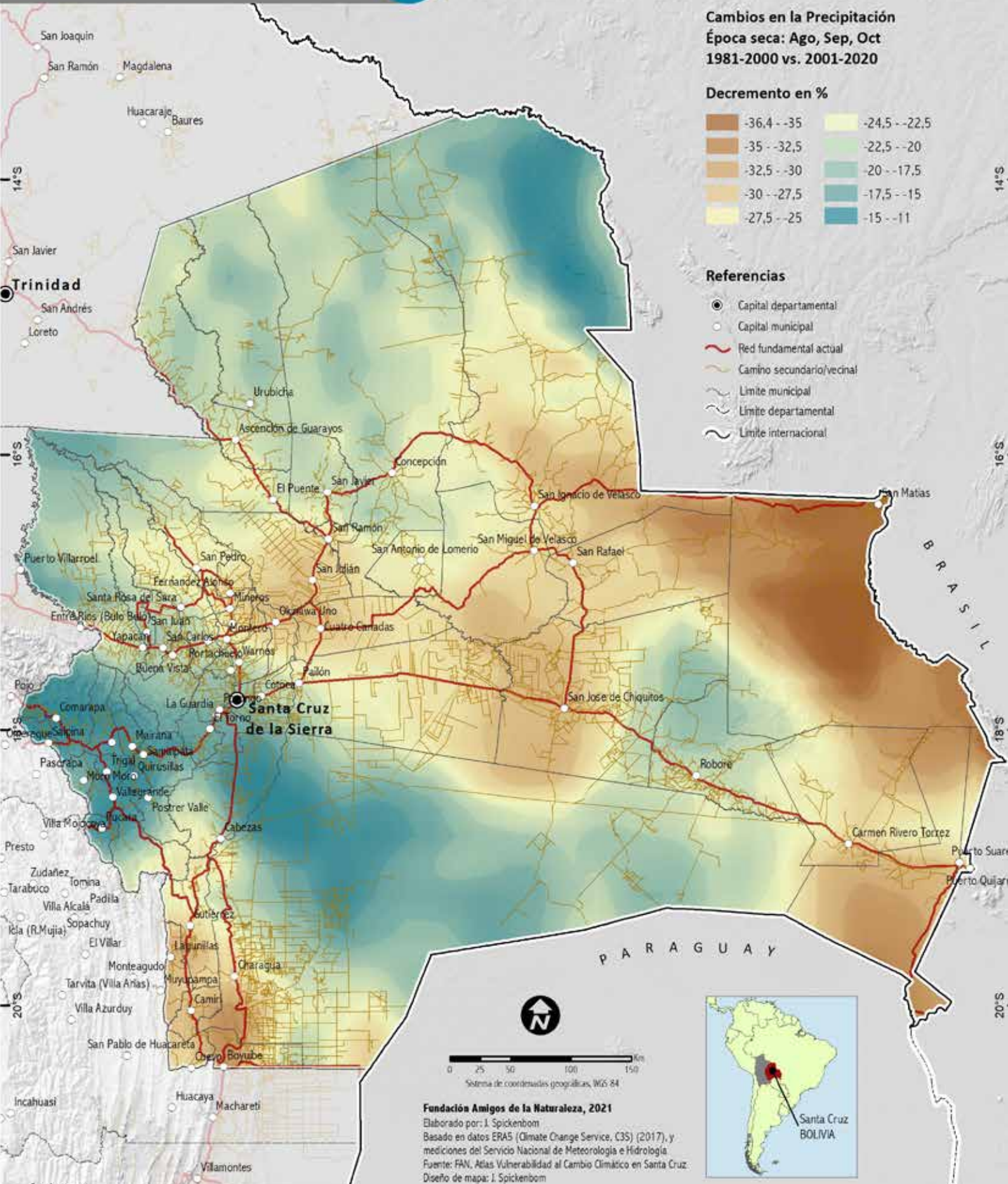
Cambios en la Precipitación Época seca: Ago, Sep, Oct 1981-2000 vs. 2001-2020

Decremento en %



Referencias

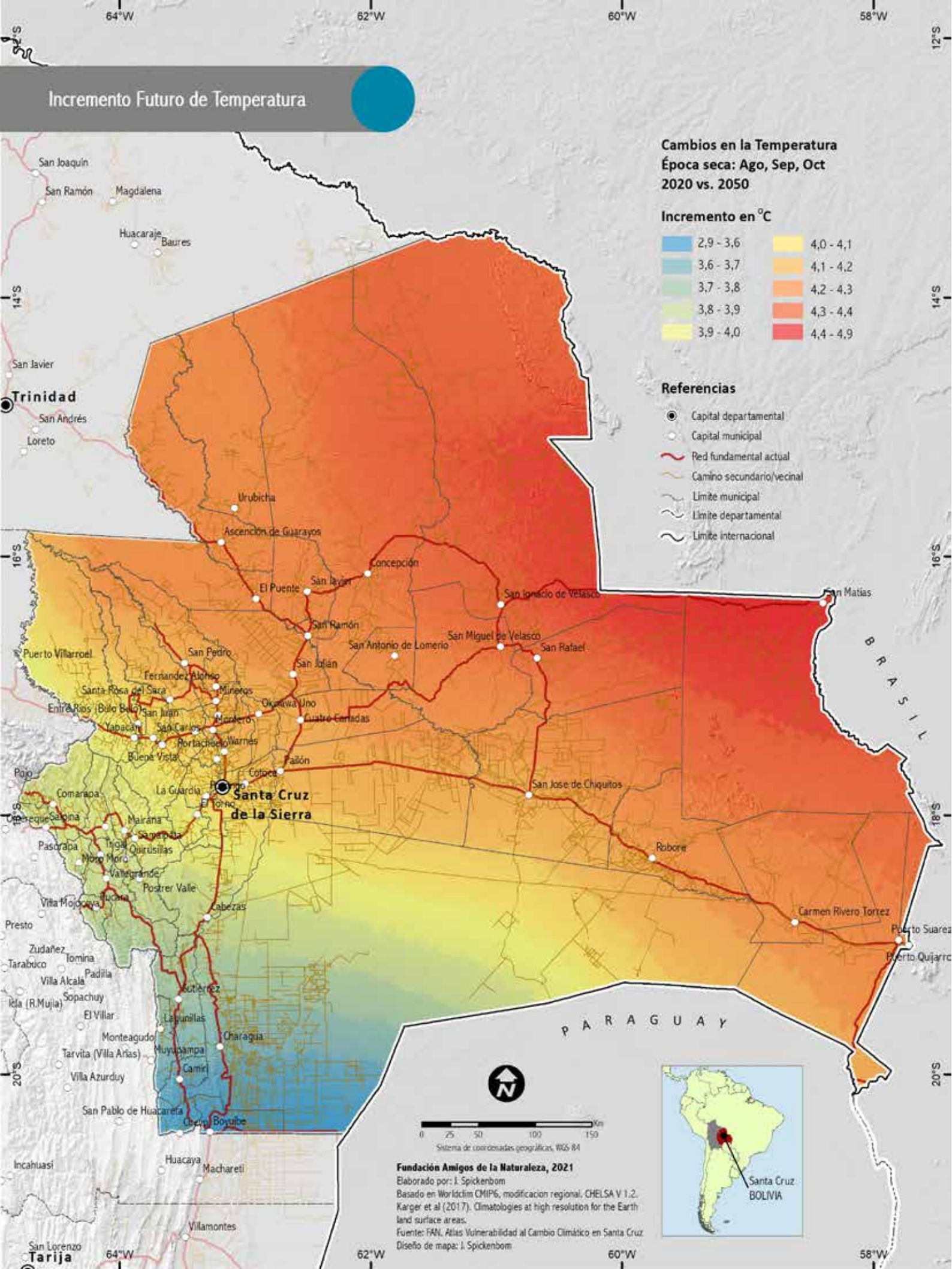
- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
Elaborado por: J. Spickenboom
Basado en datos ERAS (Climate Change Service, C3S) (2017), y mediciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz.
Diseño de mapa: J. Spickenboom



Incremento Futuro de Temperatura



Decremento Futuro en Precipitación



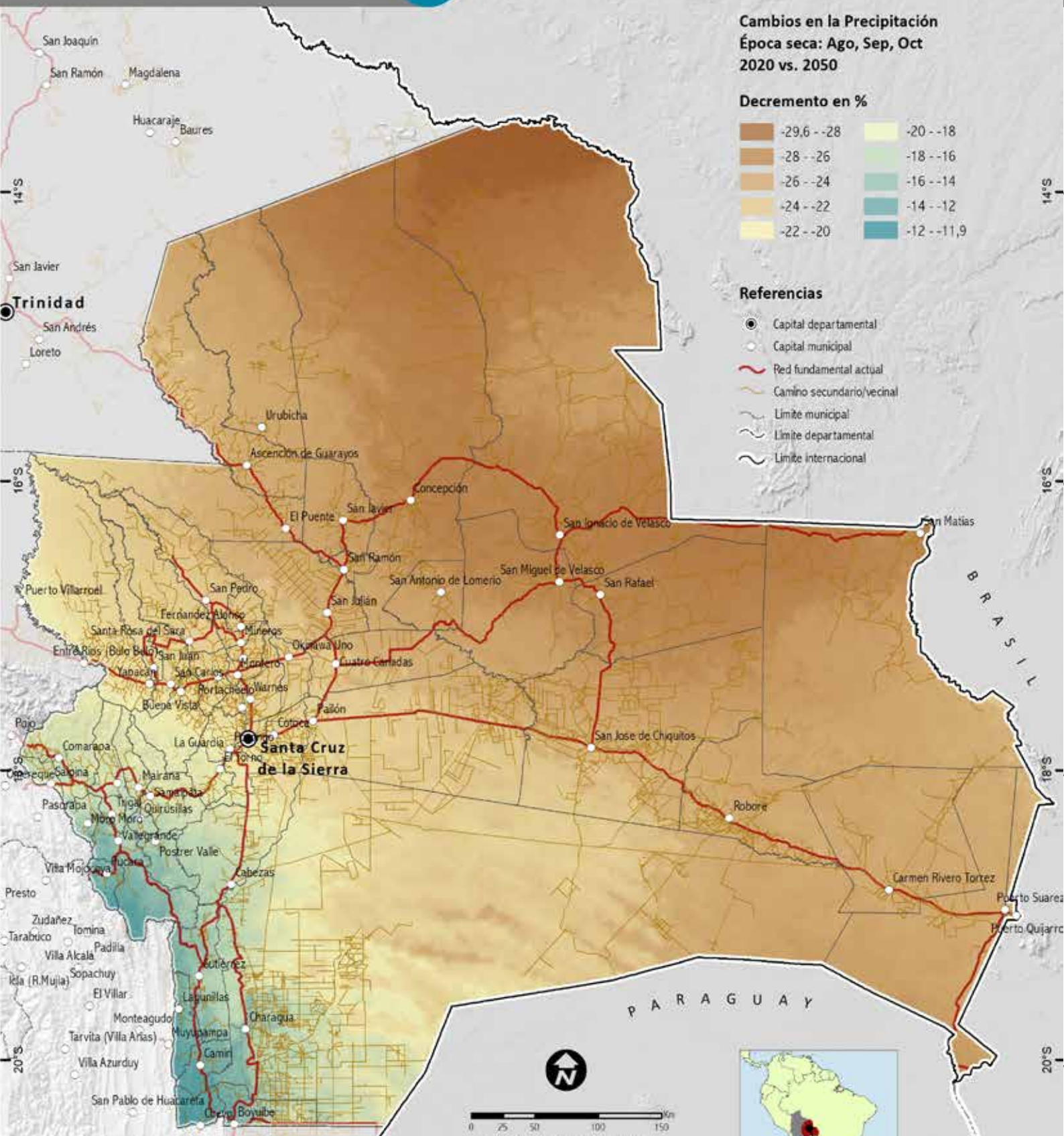
Cambios en la Precipitación Época seca: Ago, Sep, Oct 2020 vs. 2050

Decremento en %



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



Sistema de coordenadas geográficas, WGS 84

Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021

Elaborado por: I. Spickenbom
Basado en Worldclim CMIP6, modificación regional. Monthly precipitation in mm at 1 km resolution based on SM2RAIN ASCAT 2007-2018 and JMERG 2014-2018
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapa: I. Spickenbom



Cambio Futuro Balance Hídrico Anual

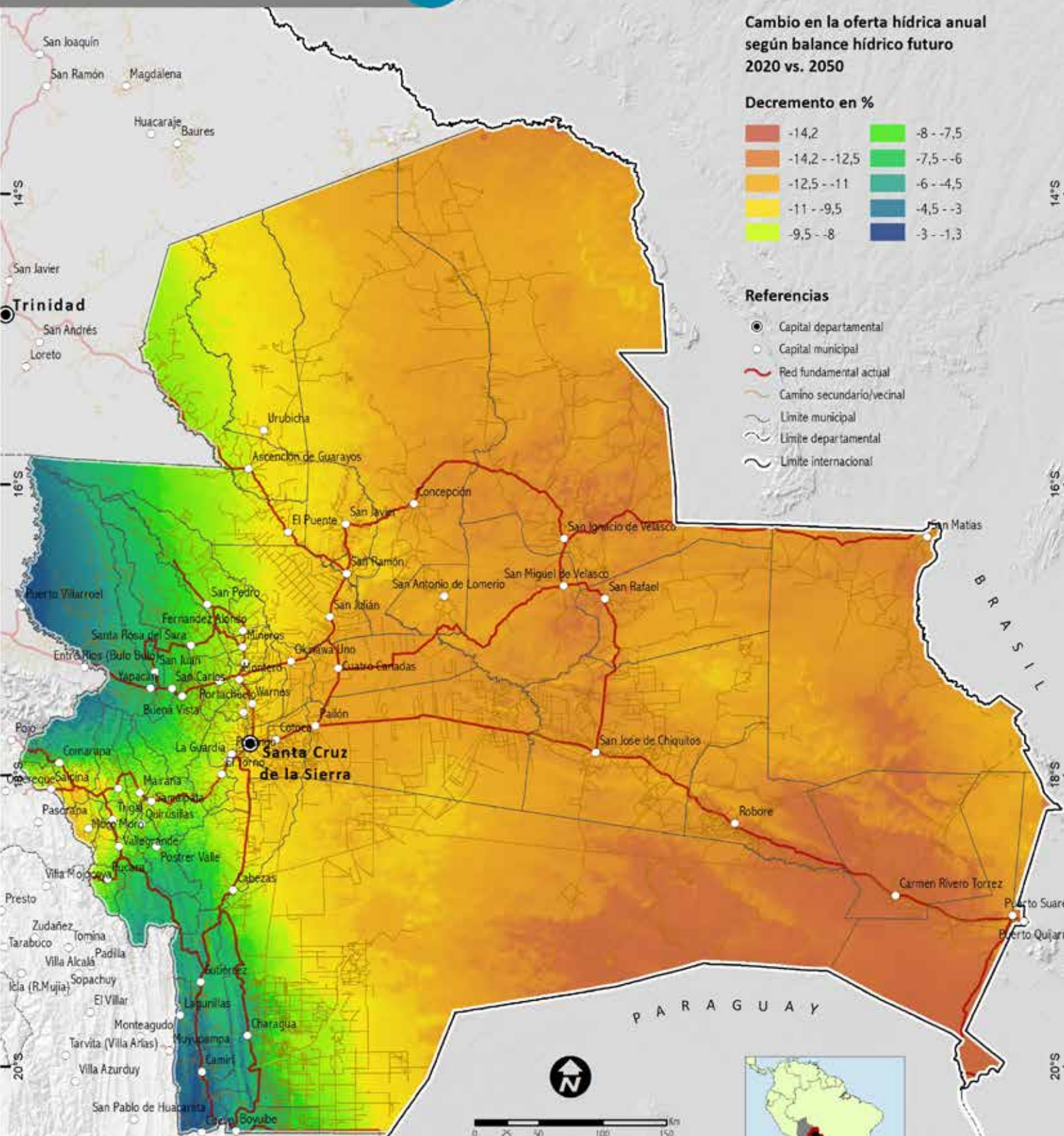
Cambio en la oferta hídrica anual según balance hídrico futuro 2020 vs. 2050

Decremento en %



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
 Elaborado por: J. Spickenbom
 Algoritmo propio, utilizando ERAS (C3S), Worldclm CMIP6, CHELSA V 1.2., Monthly precipitation SM2RAIN ASCAT, Kc Index (FAO), CanESM5, MRI-ESM2-0, IPSL-CM6A-MR1
 Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
 Diseño de mapa: J. Spickenbom



Cambio Futuro Balance Hídrico E. Seca

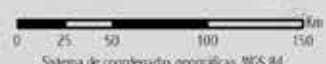
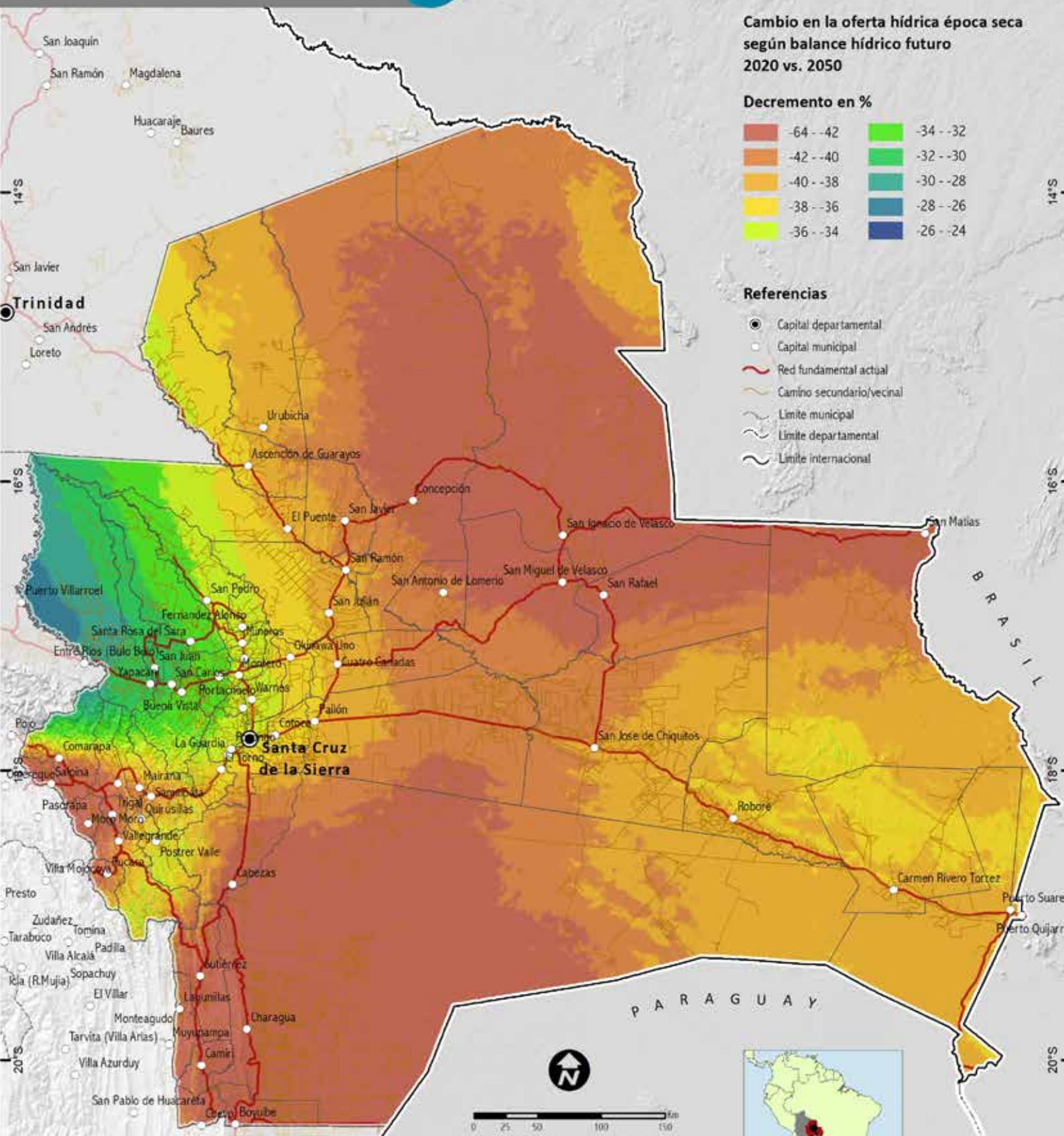
Cambio en la oferta hídrica época seca según balance hídrico futuro 2020 vs. 2050

Decremento en %



Referencias

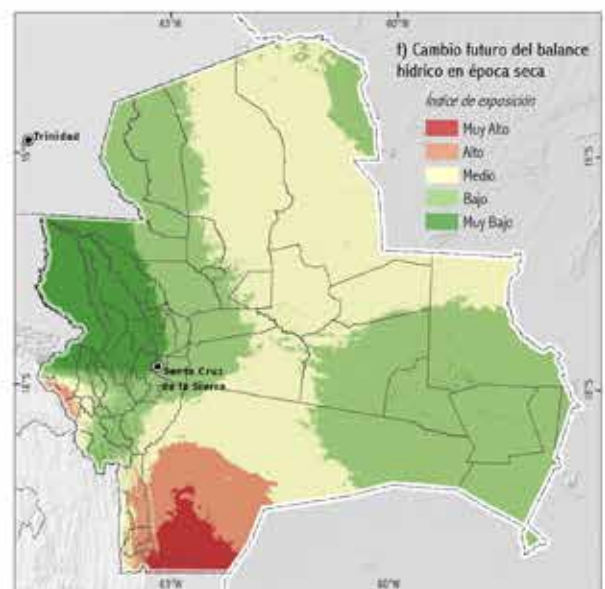
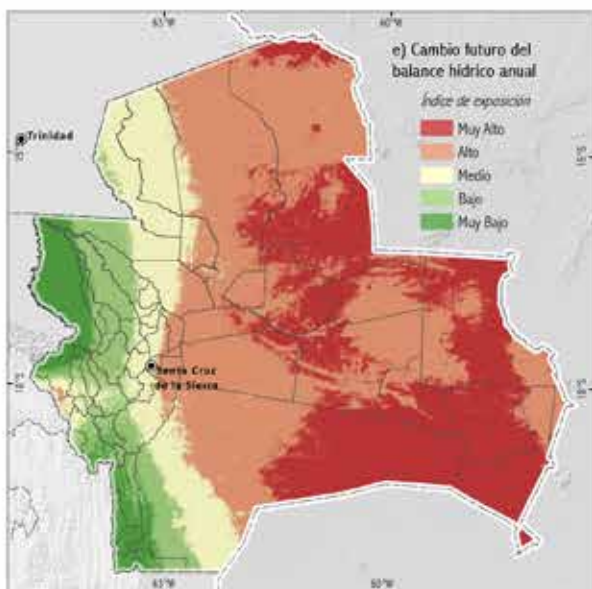
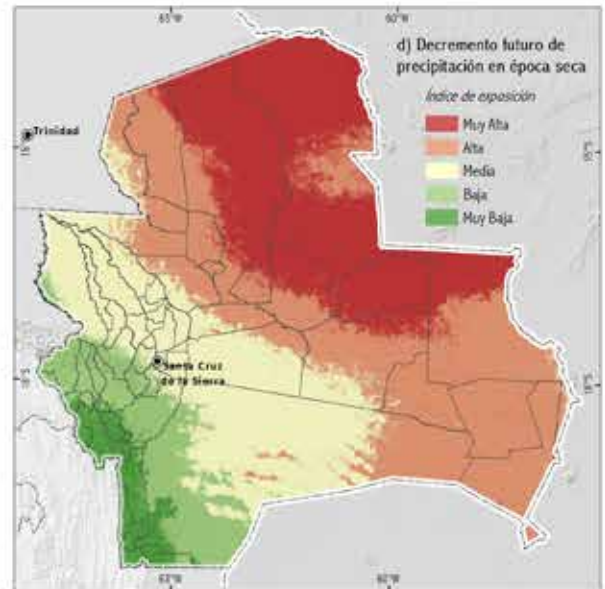
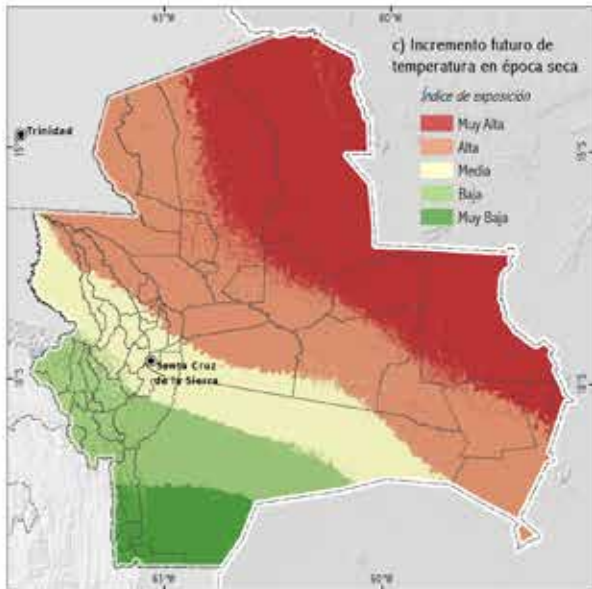
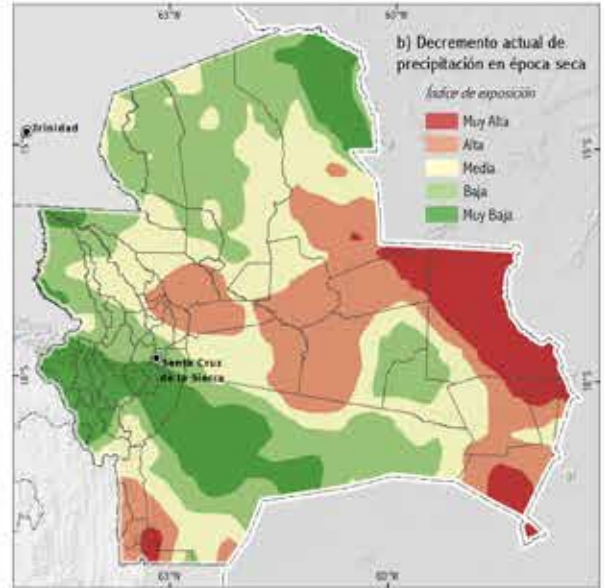
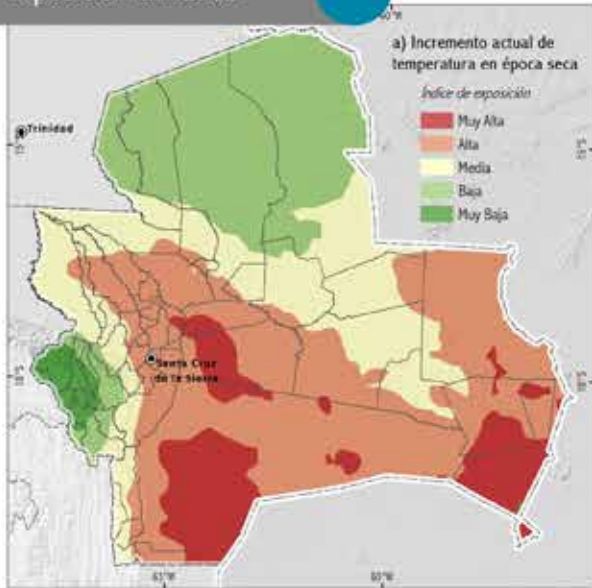
- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



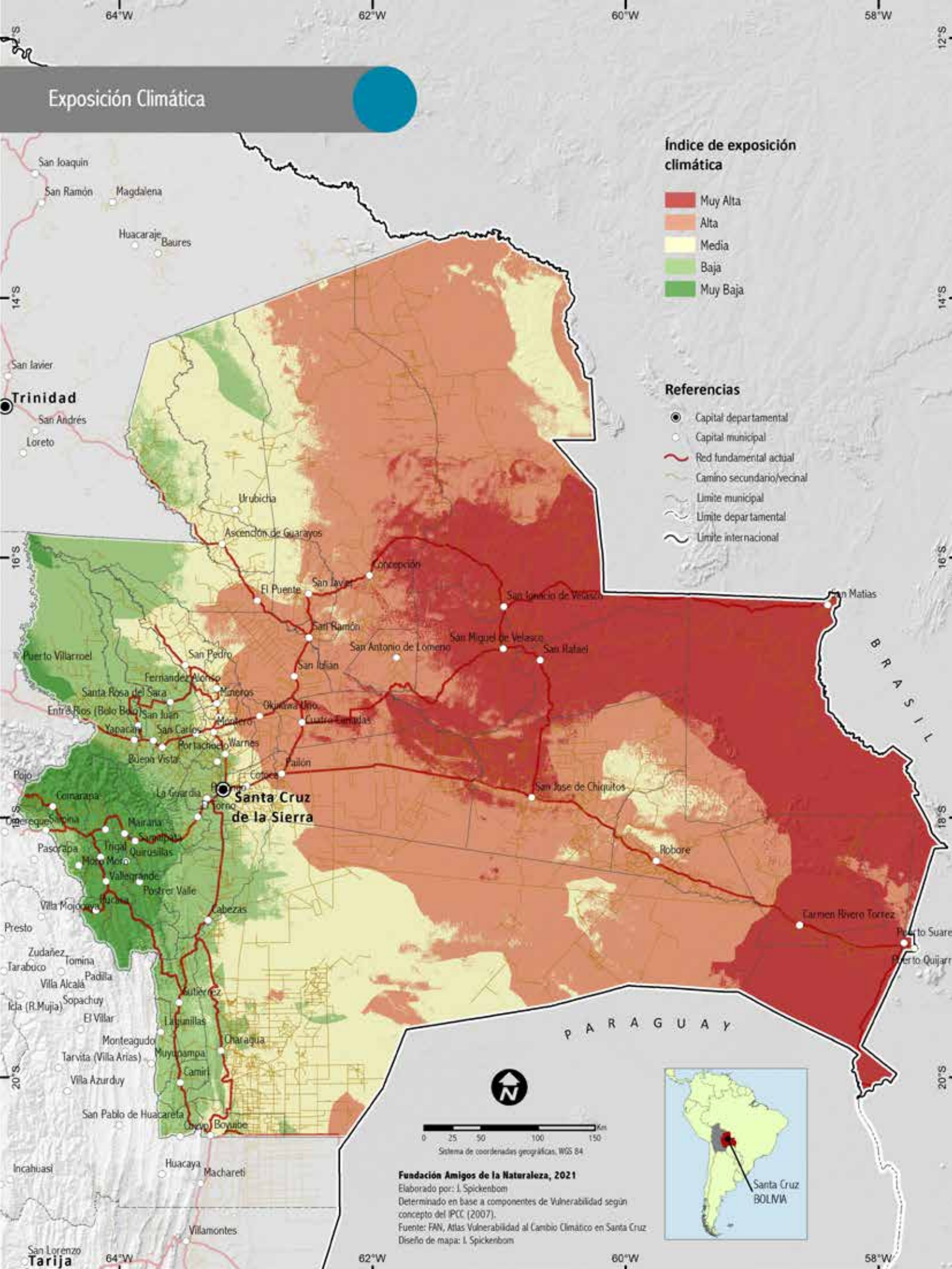
Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
 Elaborado por: J. Spickenbom
 Algoritmo propio, utilizando ERA5 (C3S), WorldClim CMIP6, CHLSA V 1.2., Monthly precipitation SM2RAIN ASCAT, Kc index (FAO), CanESM5: MRI-ESM2-0, IPSL-CM6A-MR1
 Fuente: PAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
 Diseño de mapa: J. Spickenbom



Exposición climática



Exposición Climática



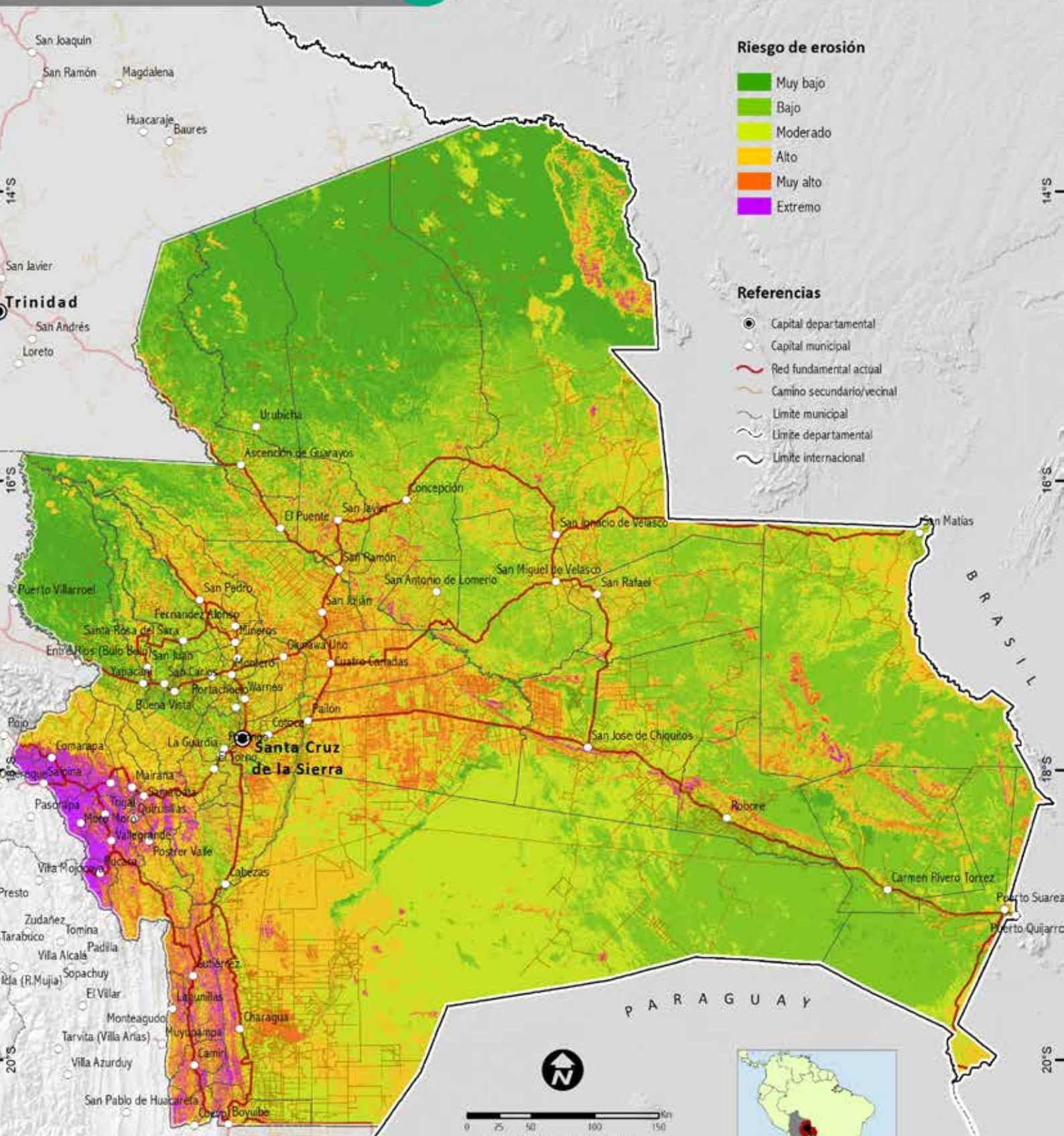


SENSIBILIDAD

Las características y el estado de los ecosistemas son un factor importante para el grado de afectación por el cambio climático. Ecosistemas ocupan un rol de alta importancia para la adaptación al cambio climático. Son los bosques, los suelos y la biodiversidad, los cuales nos proveen con los beneficios como la producción de agua y alimentos, la regulación de riesgos naturales como sequías, inundaciones y erosión, mientras la alteración de los ecosistemas disminuye estos beneficios. Para la evaluación del impacto y finalmente de la vulnerabilidad es elemental conocer el estado actual de los ecosistemas.

Categoría	ID	Criterio	Indicador	Fuente	Literatura relacionada
Sensibilidad	7	Riesgo de Erosión.	Índice combinando del factor LS y cobertura del suelo (NDVI).	Elaboración propia en base del índice de vegetación normalizada (NDVI) utilizando el median de Copernicus Sentinel 2A para el período de 2016-2020 y el factor LS aplicado al modelo de altura (DEM) SRTM30.	Farr, T.G., Rosen, P.A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., and Alsdorf, D.E., 2007, The shuttle radar topography mission: Reviews of Geophysics, v. 45, no. 2, RG2004, at https://doi.org/10.1029/2005RG000183 .
	8	Estado de perturbación.	Índice de estado de perturbación de los ecosistemas.	Elaboración propia en ArcGIS.	
	9	Índice de estrés hídrico	Variación del índice de humedad multiespectral (Moisture Stress Index-MSI) entre época húmeda (ene, feb.) y seca (ago, sep.).	Elaboración propia en base del índice de estrés hídrico (Moisture Stress Index - MSI) utilizando el median de Copernicus Sentinel 2A para el periodo de 2016-2020.	The Potential of EnMAP and Sentinel-2 Data for Detecting Drought Stress Phenomena in Deciduous Forest Communities. Environmental Remote Sensing and Geoinformatics, University of Trier.
	10	Índice de vegetación (NDVI).	Índice de actividad fotosintética (NDVI) promedio de 2016 hasta 2020.	Elaboración propia en base del índice de vegetación normalizada (NDVI) utilizando el median de Copernicus Sentinel 2A para el periodo de 2016-2020.	Monthly precipitation in mm at 1 km resolution based on SM2RAIN ASCAT 2007-2018 and IMERG 2014-2018. 10.5281/zenodo.1435912 .
	11	Índice de humedad topográfica (TWI).	Áreas de acumulación hídrica potencial según Índice de humedad topográfica (TWI).	Elaboración propia aplicando modelación en QGIS y SAGA GIS en base de del model de altura SRTM30.	Boehner, J., Koethe, R. Conrad, O., Gross, J., Ringeler, A., Selige, T. (2002): Soil Regionalisation by Means of Terrain Analysis and Process Parameterisation. In: Micheli, E., Nachtergaele, F., Montanarella, L. [Ed.]: Soil Classification 2001. European Soil Bureau, Research Report No. 7, EUR 20398 EN, Luxembourg. pp.213-222. http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/esb_rr/EUR22646EN.pdf .
	12	Sistemas Acuáticos.	Sistemas acuáticos según tipos de agua y estacionalidad hídrica (lagunas, ríos, pantanos y humedales).	Elaboración propia en base de Worldclim CMIP6.	
	13	Aptitud de suelos para agricultura.	Clasificación de la aptitud de los suelos para la producción agrícola	Modificación en base del mapa de la aptitud de suelos del Gobierno Autónomo Departamental Santa Cruz (2011)	Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz - Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial - Dirección de Ordenamiento Territorial. 2011. Fisiografía y aptitud de uso del suelo en el Departamento de Santa Cruz - Fase II Vol. I. Proyecto Implementación del Plan Departamental de Ordenamiento Territorial
	14	Estabilidad de suelos	Estabilidad según Índice de sensibilidad ambiental para la agricultura (textura, fisiografía, ph, drenaje, etc.).	Modificación en base del mapa de la fisiografía de los suelos del Gobierno Autónomo Departamental Santa Cruz (2011)	

Riesgo de Erosión



Sistema de coordenadas geográficas, WGS 84

Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021

Elaborado por: I. Spickenborn
Determinado en base al factor LS aplicado al DEM (SRTM30) y cobertura del suelo (NDWI) utilizando el mediano de Copernicus Sentinel 2A (periodo 2016-2020) del Modelo RUSLE.
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapa: I. Spickenborn

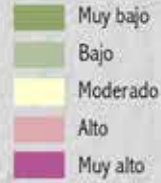


Santa Cruz de la Sierra
BOLIVIA

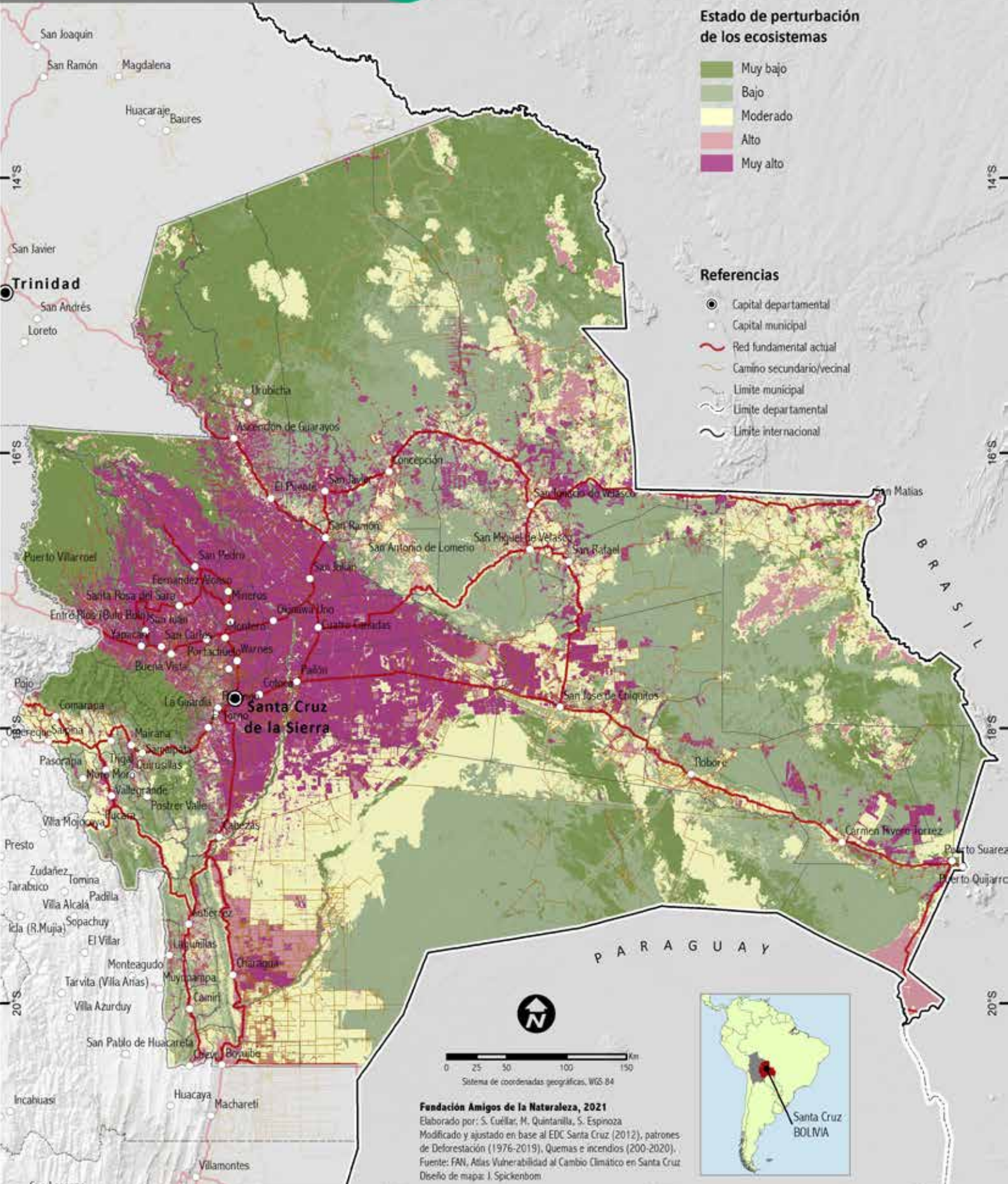
Estado de Perturbación



Estado de perturbación de los ecosistemas



Referencias



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
Elaborado por: S. Cuéllar, H. Quintanilla, S. Espinoza
Modificado y ajustado en base al EDC Santa Cruz (2012), patrones de Deforestación (1976-2019), Quemas e incendios (200-2020).
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapa: I. Spickenbom



Índice de Estrés Hídrico

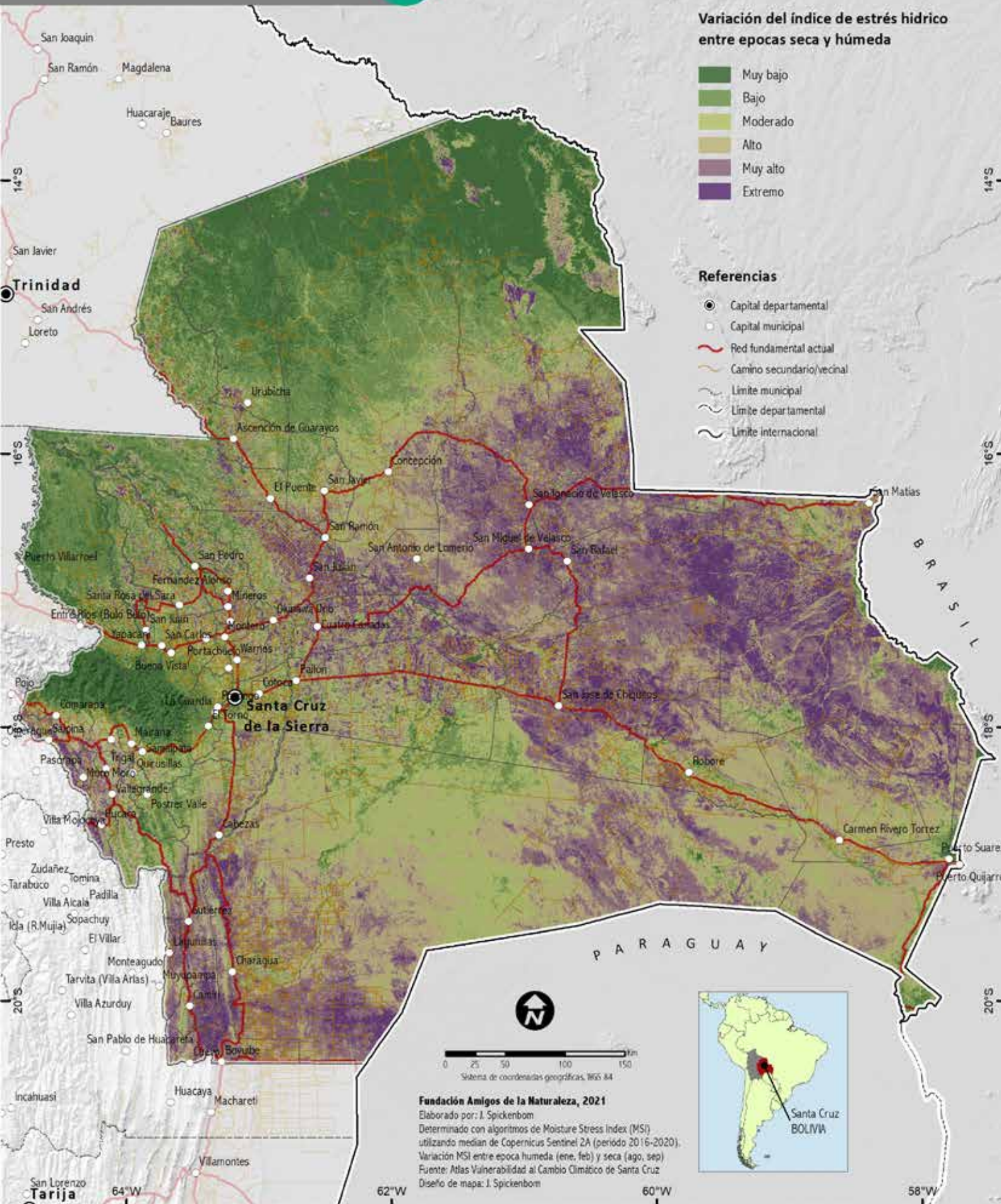


Variación del índice de estrés hídrico entre épocas seca y húmeda



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
Elaborado por: I. Spickenbom
Determinado con algoritmos de Moisture Stress Index (MSI) utilizando median de Copernicus Sentinel 2A (periodo 2016-2020).
Variación MSI entre época húmeda (ene, feb) y seca (ago, sep)
Fuente: Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático de Santa Cruz
Diseño de mapa: I. Spickenbom



Índice de Vegetación



Índice de actividad fotosintética (NDVI)

- Muy baja (-0,4 - 0,3)
- Baja (0,3 - 0,425)
- Media (0,425 - 0,55)
- Alta (0,55 - 0,67)
- Muy Alta (0,67 - 0,81)

Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Límite municipal
- Límite departamental
- Límite internacional



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021

Elaborado por: I. Spickenbom
Actividad fotosintética promedio (NDVI) 2016-2020
utilizando el mediano de Copernicus Sentinel 2A (2016-2020)
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapa: I. Spickenbom



Índice de Humedad Topográfica

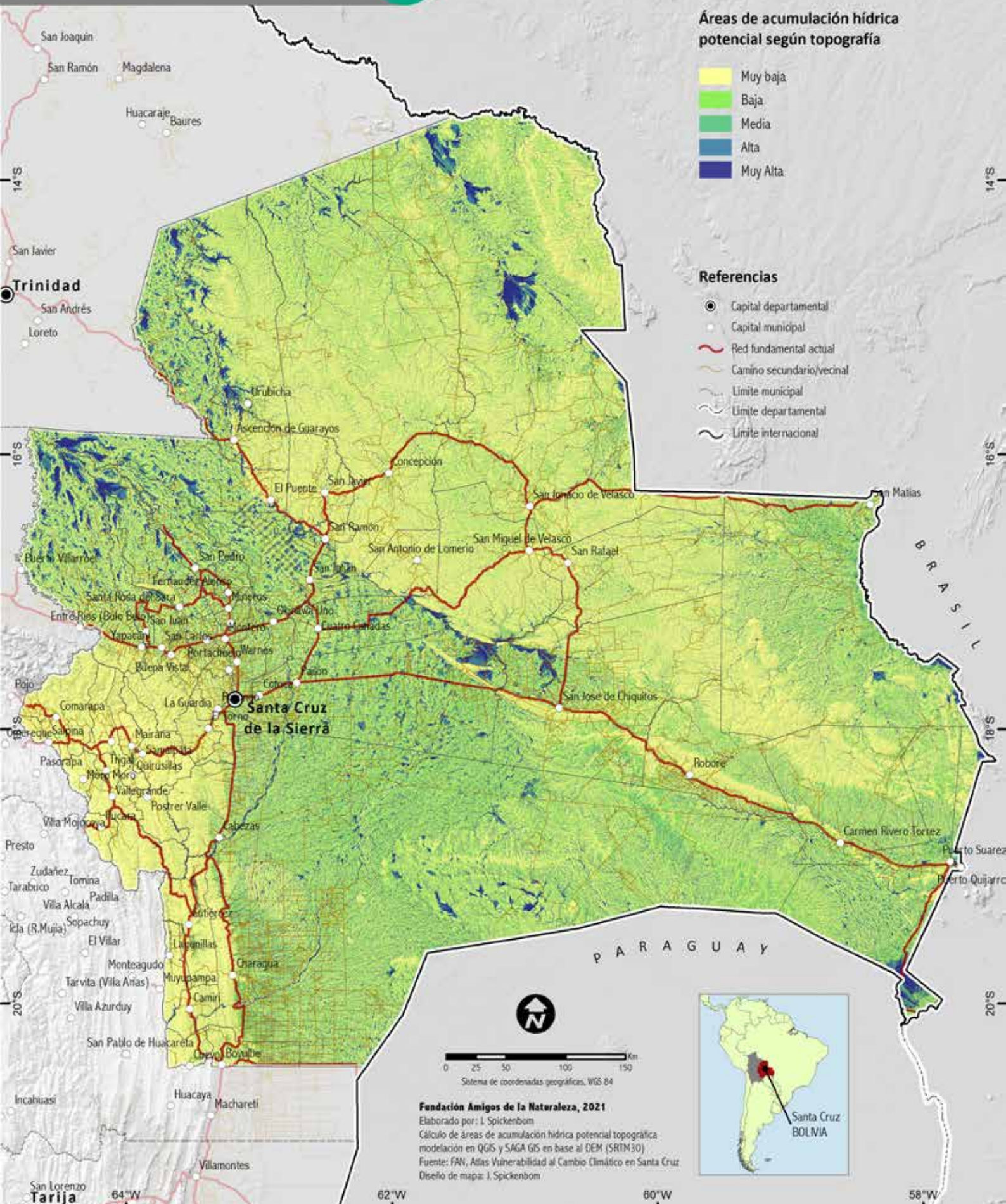


Áreas de acumulación hídrica potencial según topografía

- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy Alta

Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional

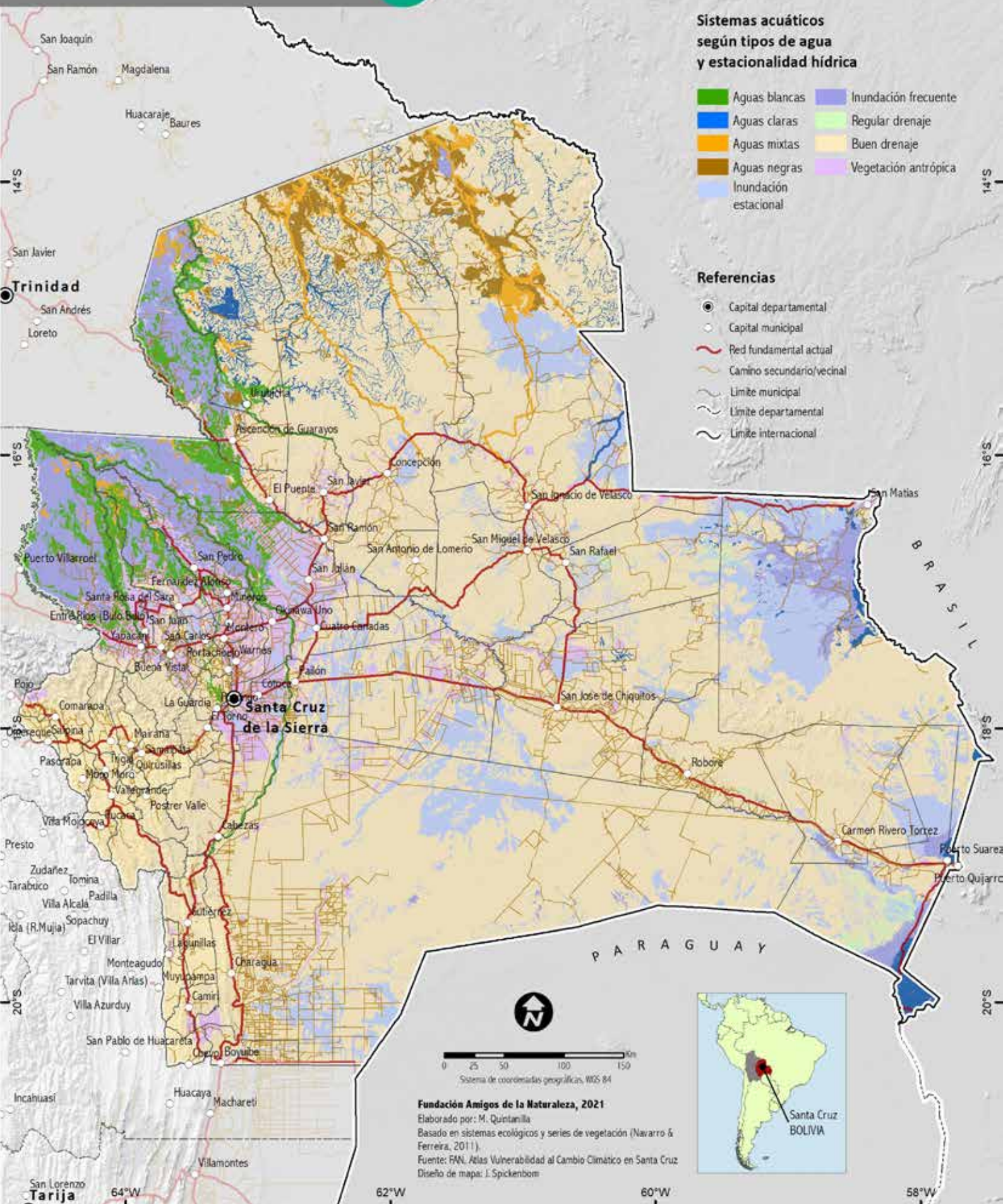


Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021

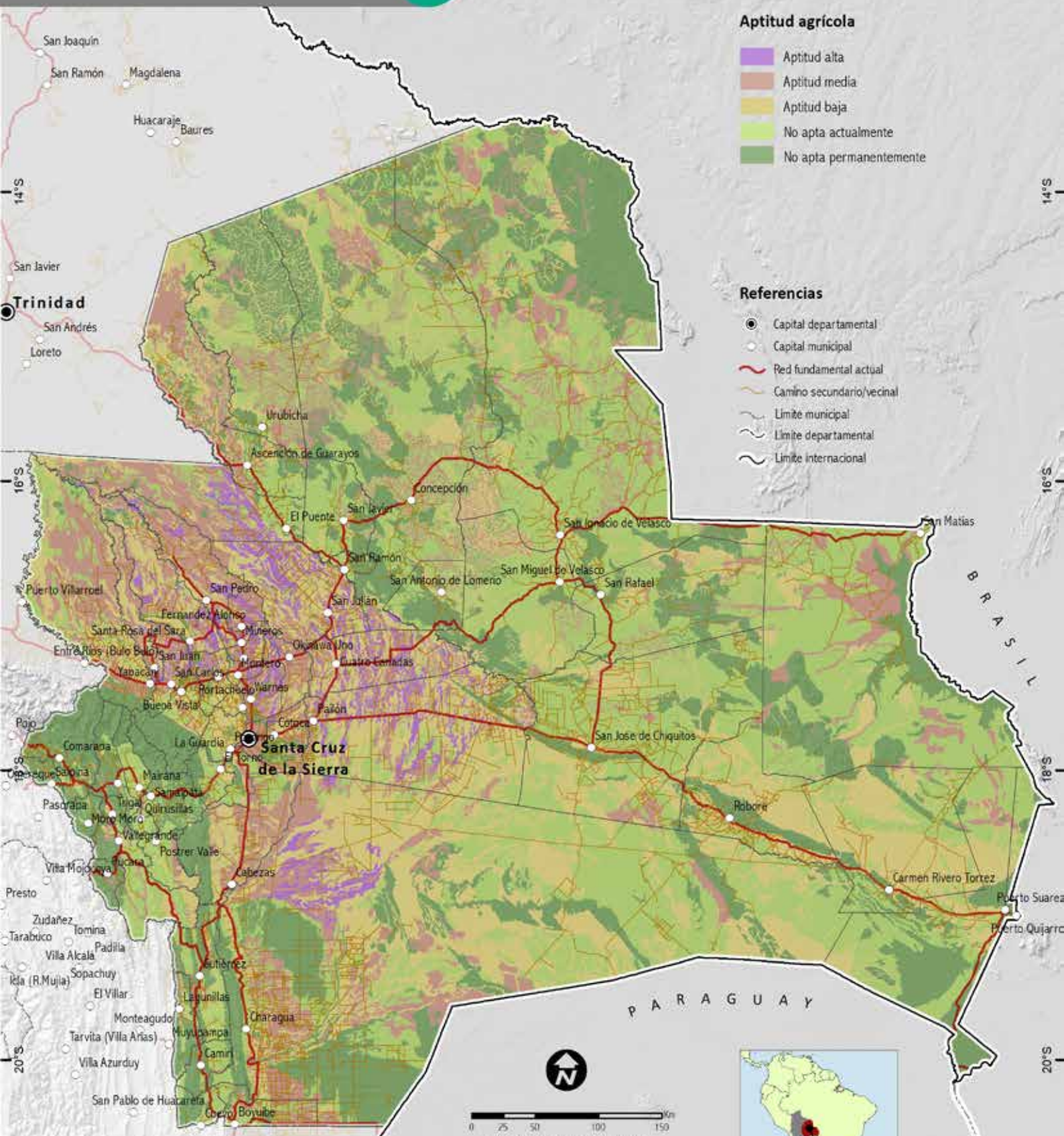
Elaborado por: I. Spickenbom
Cálculo de áreas de acumulación hídrica potencial topográfica modelación en QGIS y SAGA GIS en base al DEM (SRTM30)
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapa: I. Spickenbom



Sistemas Acuáticos



Aptitud de Suelos para Agricultura



Aptitud agrícola

- Aptitud alta
- Aptitud media
- Aptitud baja
- No apta actualmente
- No apta permanentemente

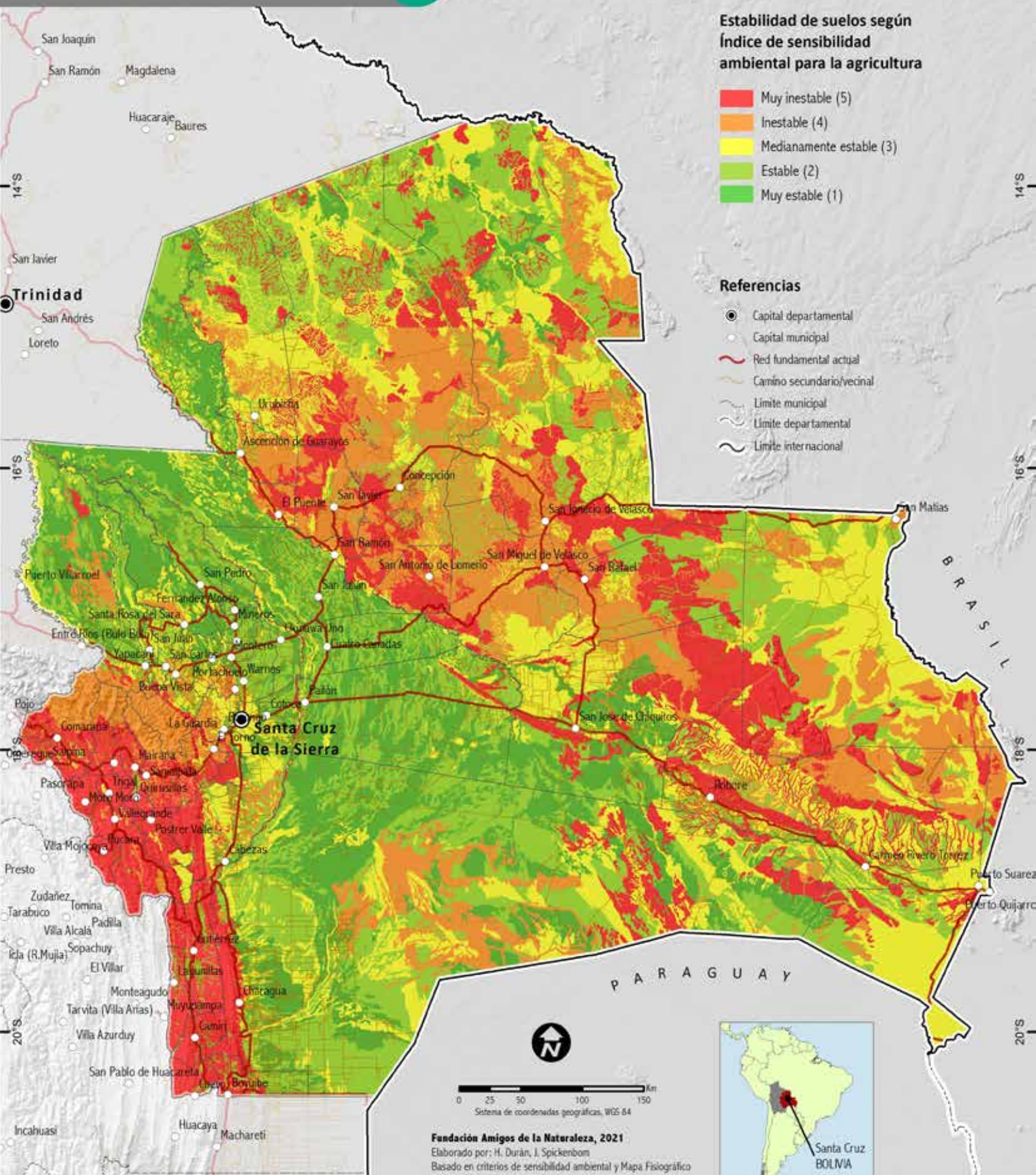
Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional

Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
Elaborado por: H. Durán, J. Spickenbom
Modificado en base al Mapa de Aptitud de Suelos del Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz (2011).
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapa: J. Spickenbom



Estabilidad de los Suelos



Estabilidad de suelos según Índice de sensibilidad ambiental para la agricultura

- Muy inestable (5)
- Inestable (4)
- Medianamente estable (3)
- Estable (2)
- Muy estable (1)

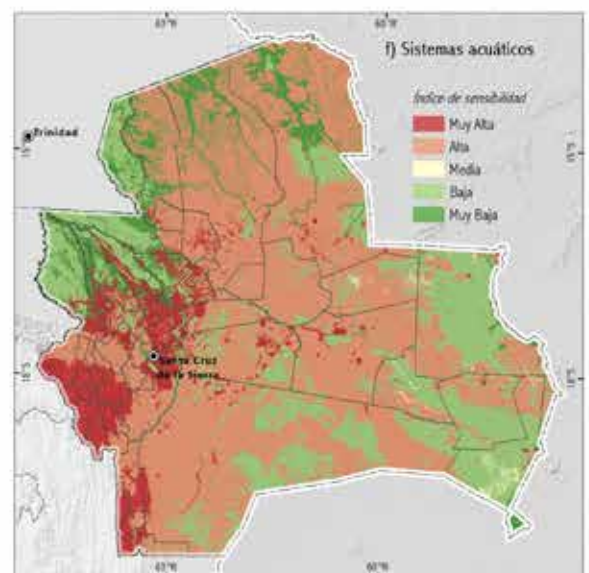
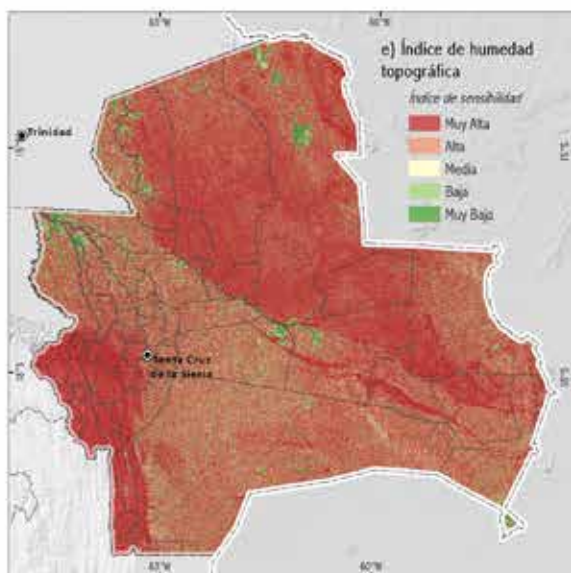
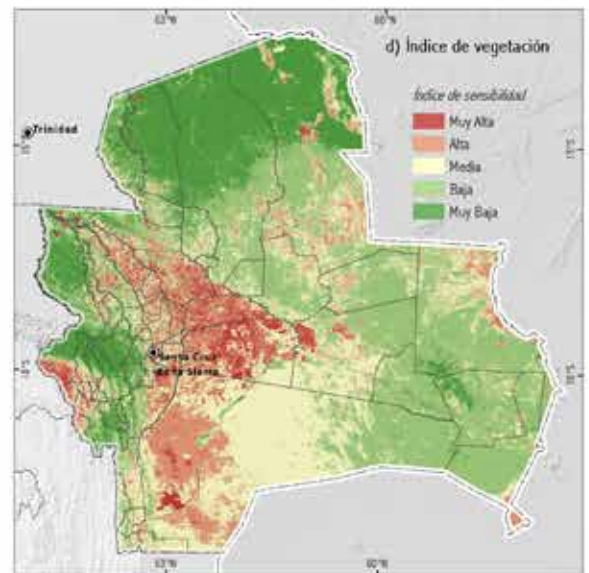
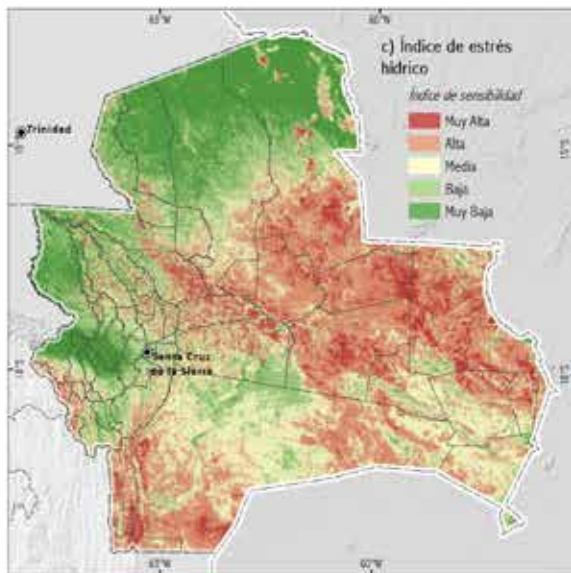
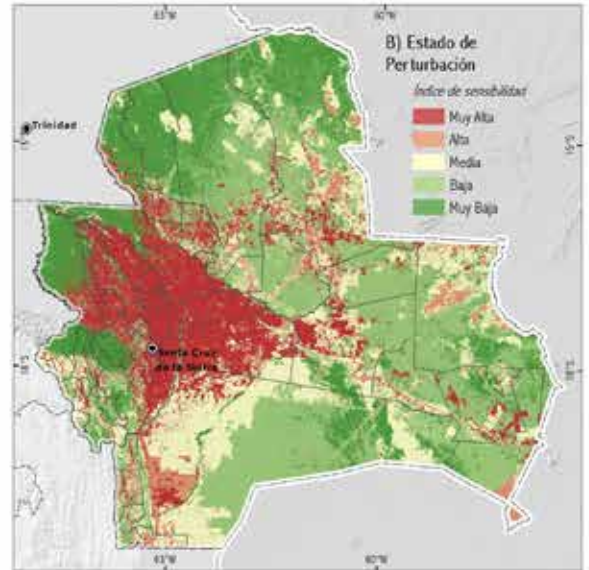
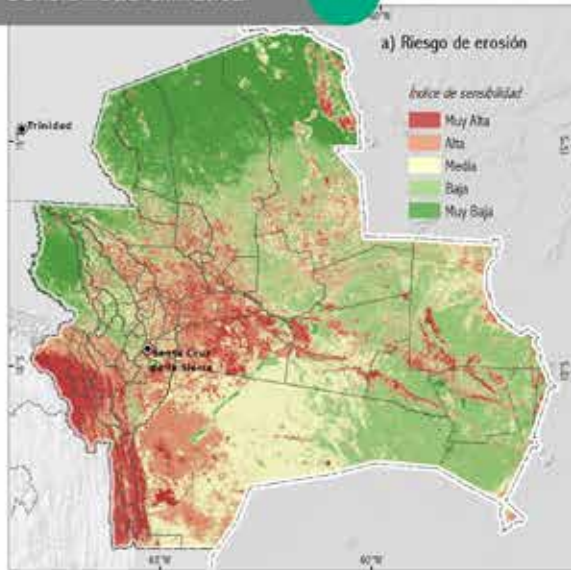
Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional

Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
Elaborado por: H. Durán, J. Spickenbom
Basado en criterios de sensibilidad ambiental y Mapa Fisiográfico del Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz (2011)
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapas: J. Spickenbom

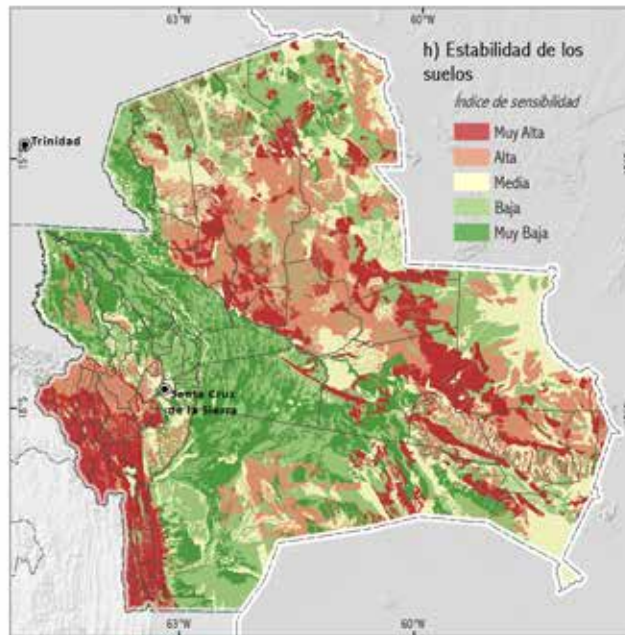
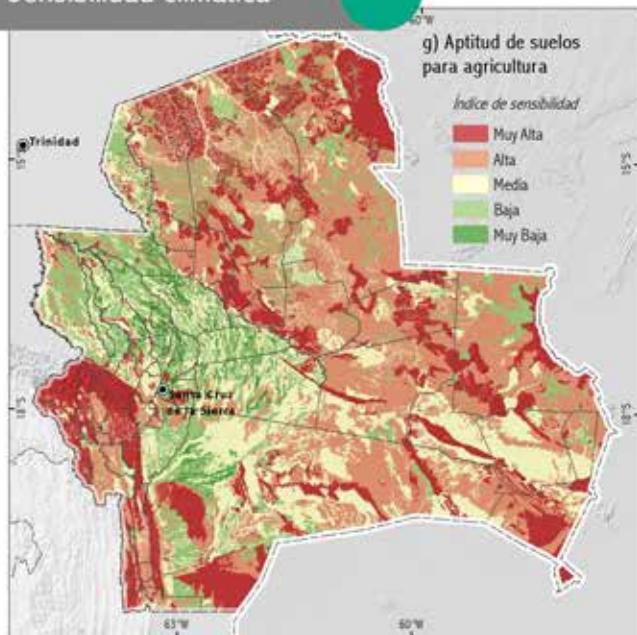


Sensibilidad climática



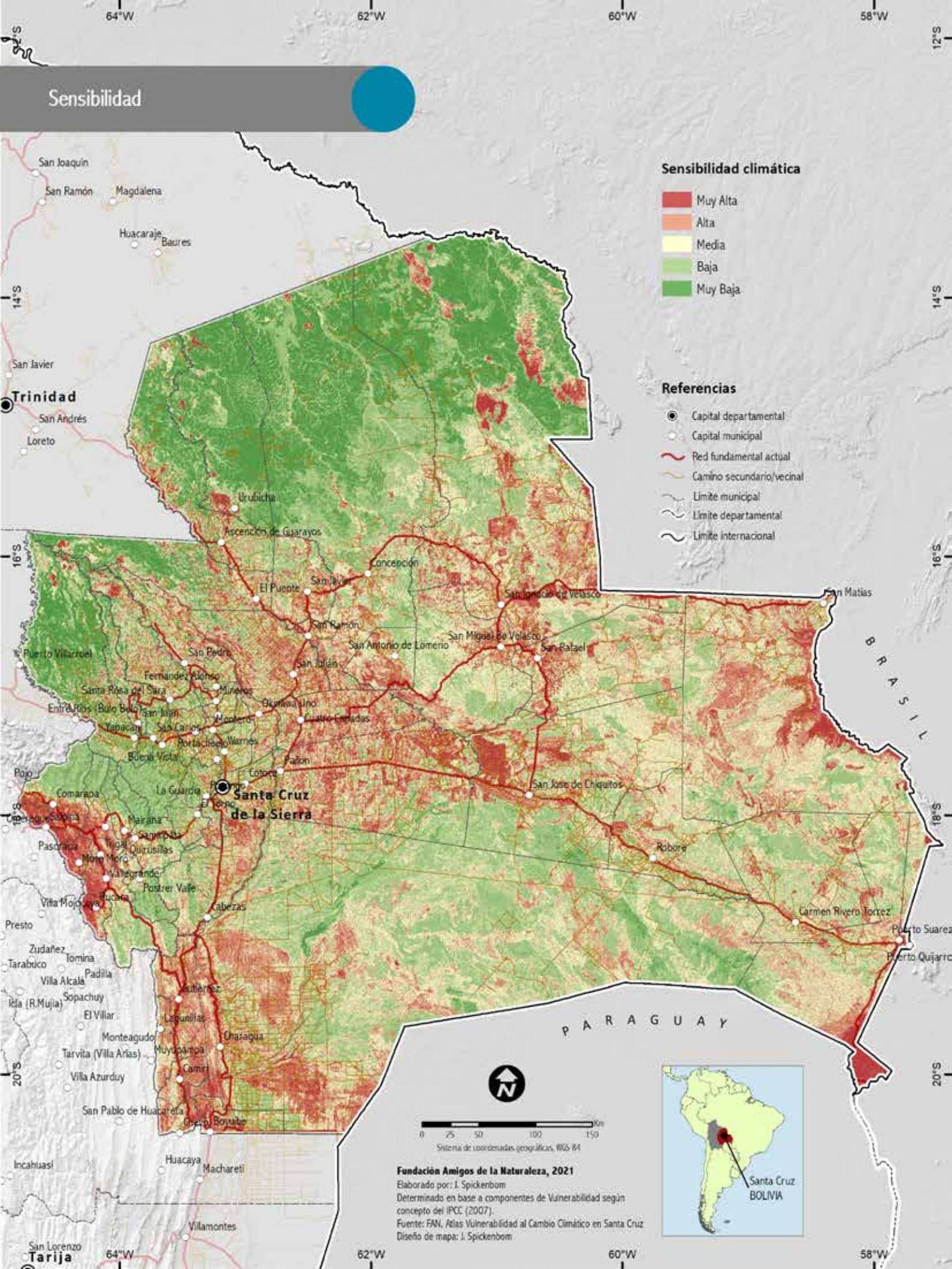
Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021.

Sensibilidad climática



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021

Sensibilidad





IMPACTO

La suma de los indicadores de la exposición y sensibilidad resulta en el grado de afectación bio-física del cambio climático, combinando las tendencias del clima y las características de los ecosistemas.

Impacto del Cambio Climático

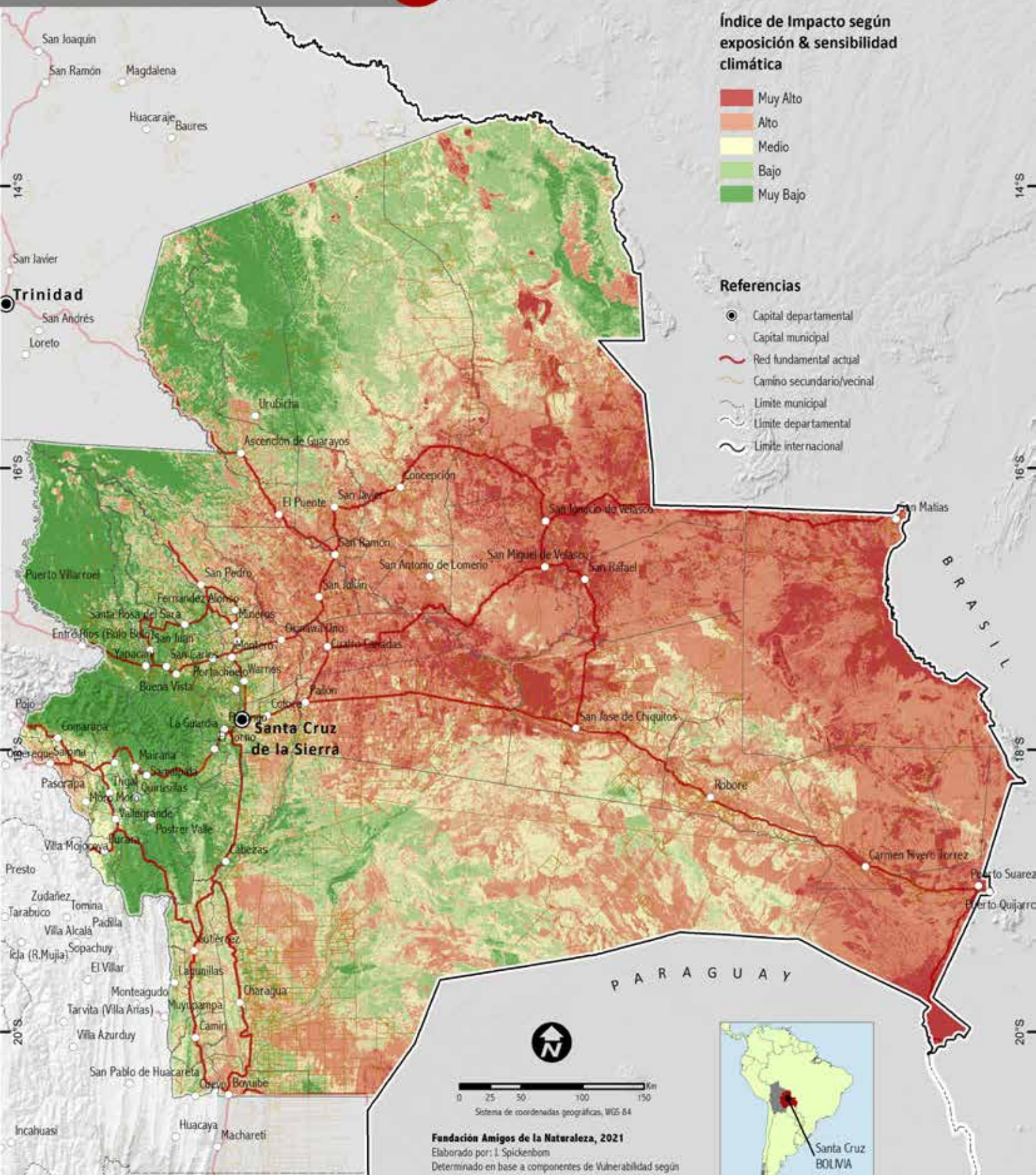


Índice de Impacto según exposición & sensibilidad climática

- Muy Alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy Bajo

Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Límite municipal
- Límite departamental
- Límite internacional



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
Elaborado por: I. Spickenbom
Determinado en base a componentes de Vulnerabilidad según concepto del IPCC (2007).
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapas: I. Spickenbom





CAPACIDAD ADAPTATIVA

La situación social, económica y cultural de la población en los municipios define su capacidad de adaptarse a los impactos relacionados con el cambio climático, como sequías, incendios, pérdida de cosecha, escasez de agua, falta de alimentos, daños en la infraestructura, entre muchos otros.

El conocimiento y la educación, la tecnología disponible, la eficiencia de la gobernanza y el acceso a recursos financieros son elementales para la capacidad adaptativa de la población en los municipios de Santa Cruz y los siguientes mapas muestran 11 indicadores representativos en base de datos oficiales.

Categoría	ID	Criterio	Indicador	Fuente	Literatura relacionada
Capacidad adaptativa.	15	Concentración de Pobreza.	Porcentaje de Población Pobre.	Censo de Población y Vivienda 2012.	Características de la población. Censo de Población y Vivienda 2012. Instituto Nacional de Estadística. ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA. Publicado 2015.
	16	Actividad económica agropecuaria.	Porcentaje de población dependiente de la agropecuaria (Agricultura, ganadería, caza, pesca, y silvicultura).	Censo de Población y Vivienda 2012.	
	17	Disponibilidad de energía eléctrica.	Porcentaje de población sin energía eléctrica.	Censo de Población y Vivienda 2012.	
	18	Acceso a agua potable de cañería.	Porcentaje de población con acceso a agua potable por red de cañería.	Censo de Población y Vivienda 2012.	
	19	Atención de salud.	Porcentaje de población que acude a soluciones caseras ante problemas de salud.	Censo de Población y Vivienda 2012.	
	20	Población de riesgo (mayores de 60 años).	Porcentaje de población mayores a 60 años.	Censo de Población y Vivienda 2012.	
	21	Tecnificación agrícola con tractores.	Densidad de tractores para uso agrícola (número de tractores/ superficie agrícola).	Censo Nacional Agropecuario 2013.	Censo Agropecuario 2013. Instituto Nacional de Estadística. ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA. Publicado 2015.
	22	Tecnificación agrícola con cosechadoras.	Densidad de cosechadoras para uso agrícola (número de cosechadoras/ superficie agrícola).	Censo Nacional Agropecuario 2013.	
	23	Producción agrícola bajo riego.	Porcentaje de superficie cultivada con Riego(%).	Censo Nacional Agropecuario 2013.	
	24	Carga animal de bovinos.	Densidad de ganado de bovino según municipios (N° cabezas ganado/sup. ganadera).	Censo Nacional Agropecuario 2013.	
	25	Áreas bajo conservación de ecosistemas.	Porcentaje de Áreas Protegidas y/o Unidades de Conservación del Patrimonio Natural.	Elaboración propia.	

Concentración de Pobreza

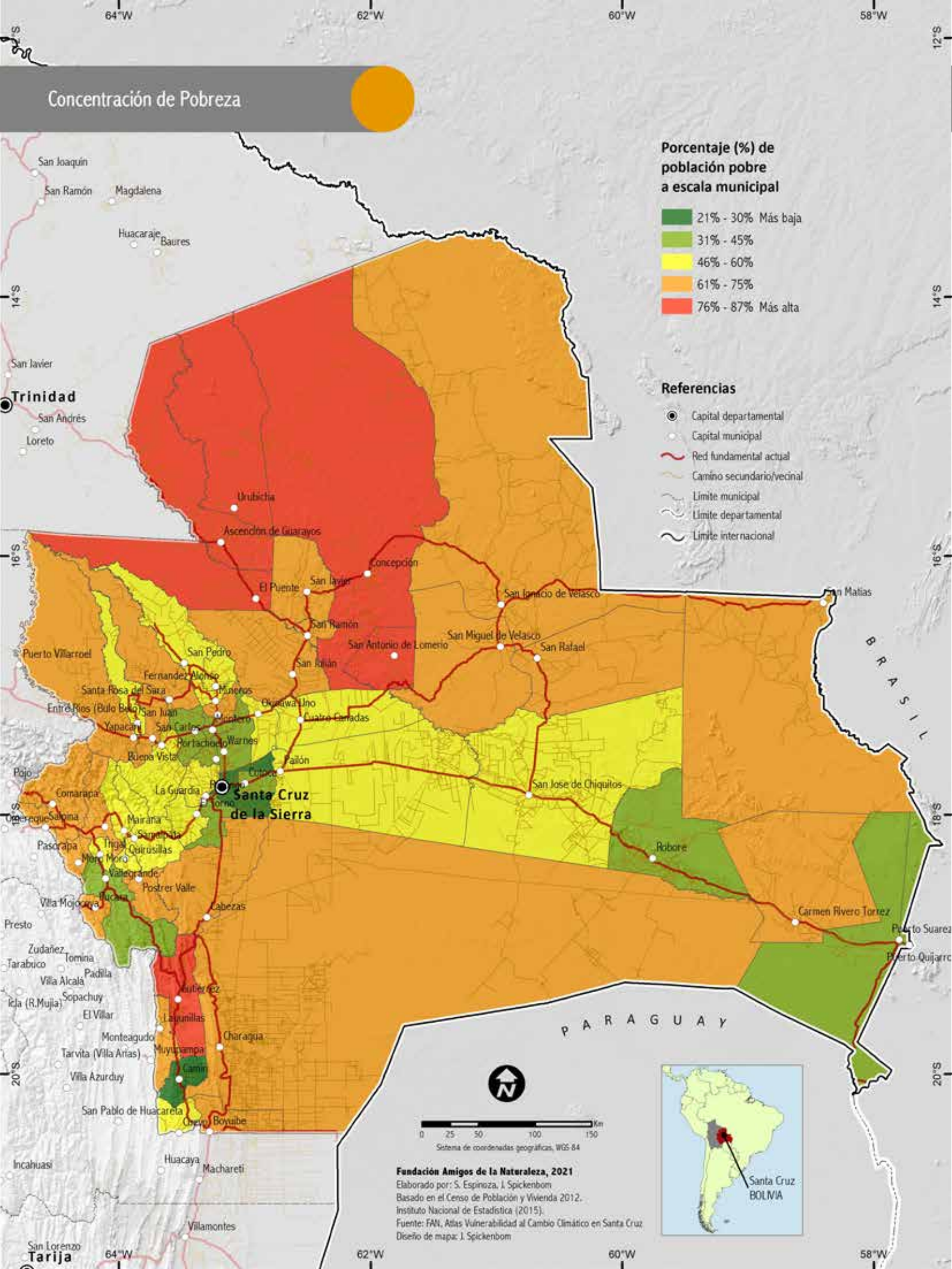


Porcentaje (%) de población pobre a escala municipal

- 21% - 30% Más baja
- 31% - 45%
- 46% - 60%
- 61% - 75%
- 76% - 87% Más alta

Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



Sistema de coordenadas geográficas, WGS 84

Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021

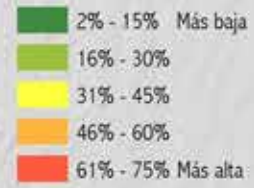
Elaborado por: S. Espinoza, I. Spickenbom
Basado en el Censo de Población y Vivienda 2012.
Instituto Nacional de Estadística (2015).
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapas: I. Spickenbom



Actividad Económica Agropecuaria

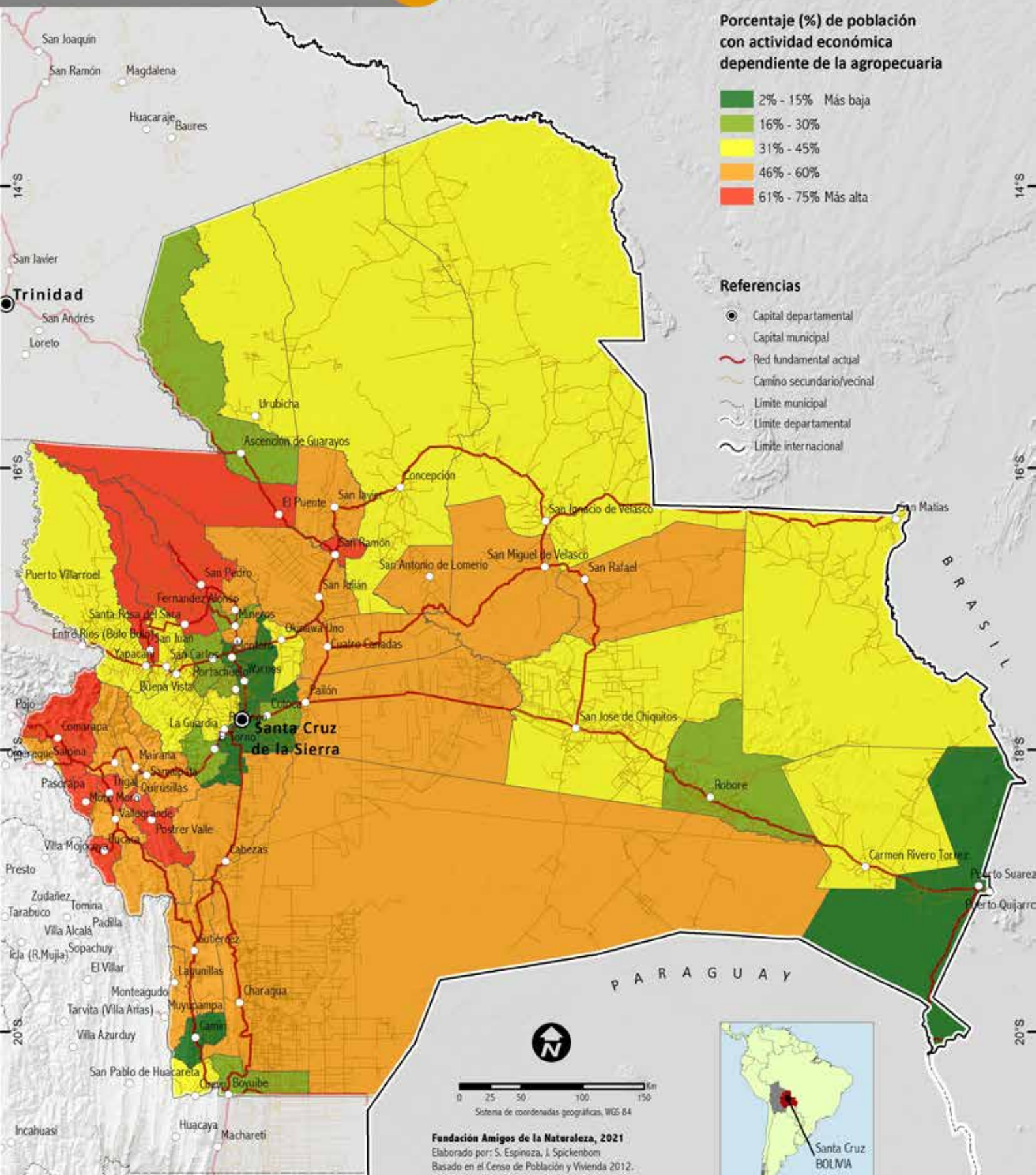


Porcentaje (%) de población con actividad económica dependiente de la agropecuaria



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
Elaborado por: S. Espinoza, I. Spickenbom
Basado en el Censo de Población y Vivienda 2012.
Instituto Nacional de Estadística (2015).
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapas: I. Spickenbom



Disponibilidad de Energía Eléctrica

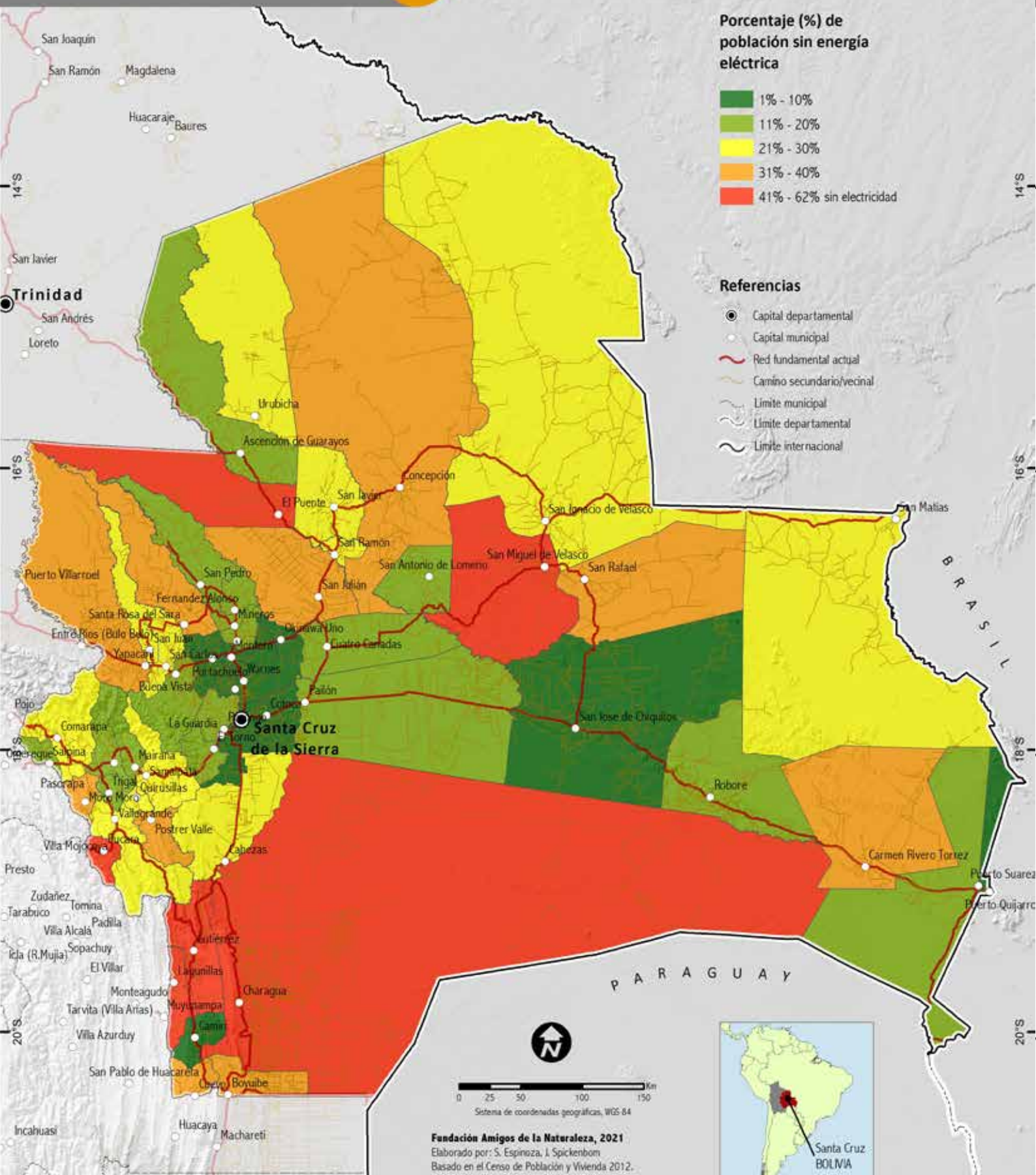


Porcentaje (%) de población sin energía eléctrica



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



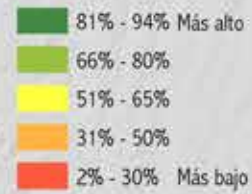
Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
Elaborado por: S. Espinoza, I. Spickenbom
Basado en el Censo de Población y Vivienda 2012.
Instituto Nacional de Estadística (2015).
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapas: I. Spickenbom



Acceso al Agua Potable

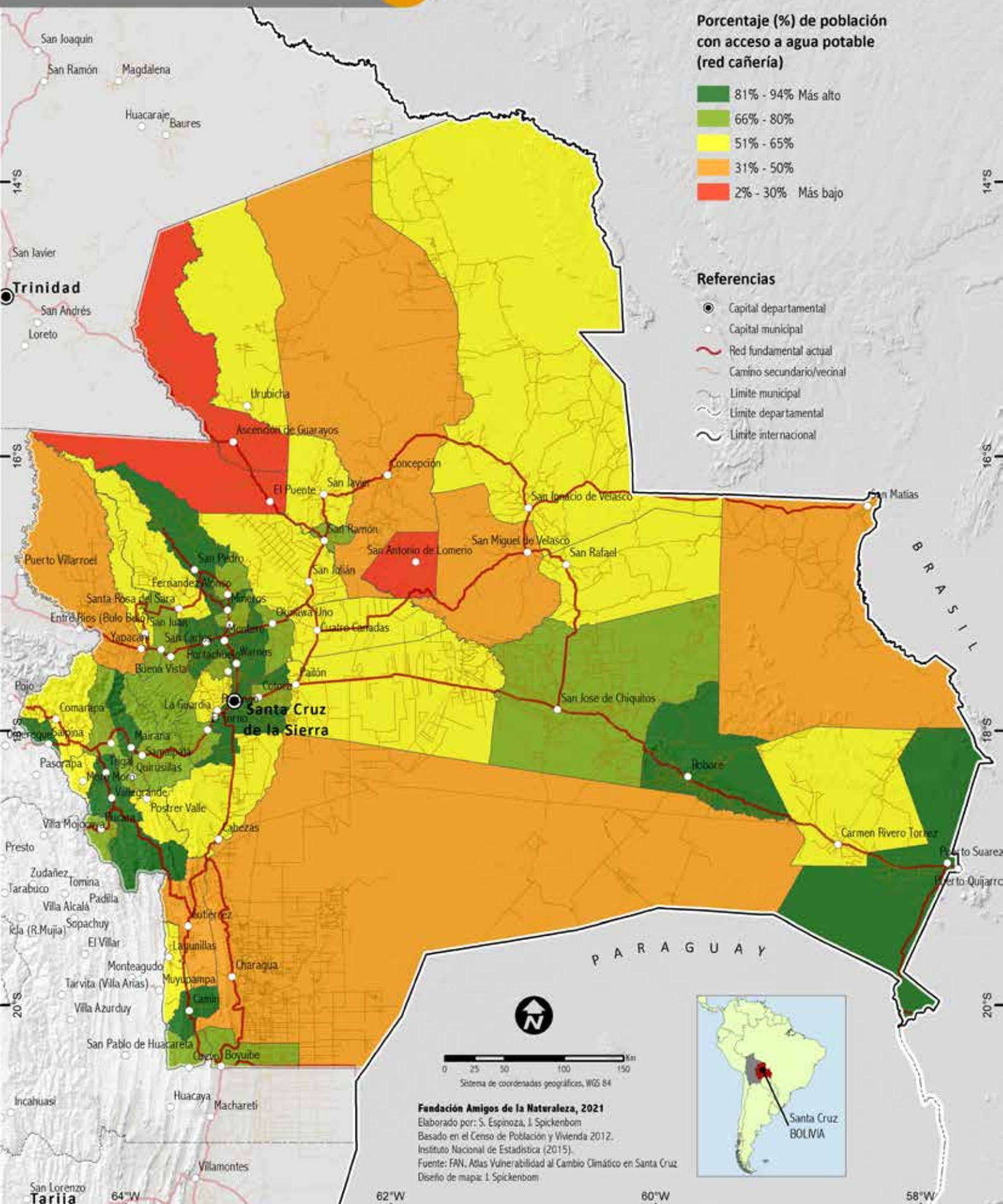


Porcentaje (%) de población con acceso a agua potable (red cañería)



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021

Elaborado por: S. Espinoza, I. Spickenbom
Basado en el Censo de Población y Vivienda 2012, Instituto Nacional de Estadística (2015).
Fuente: FAN. Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapa: I. Spickenbom

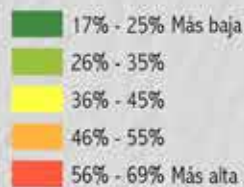


Santa Cruz
BOLIVIA

Atención de Salud con Soluciones Caseras

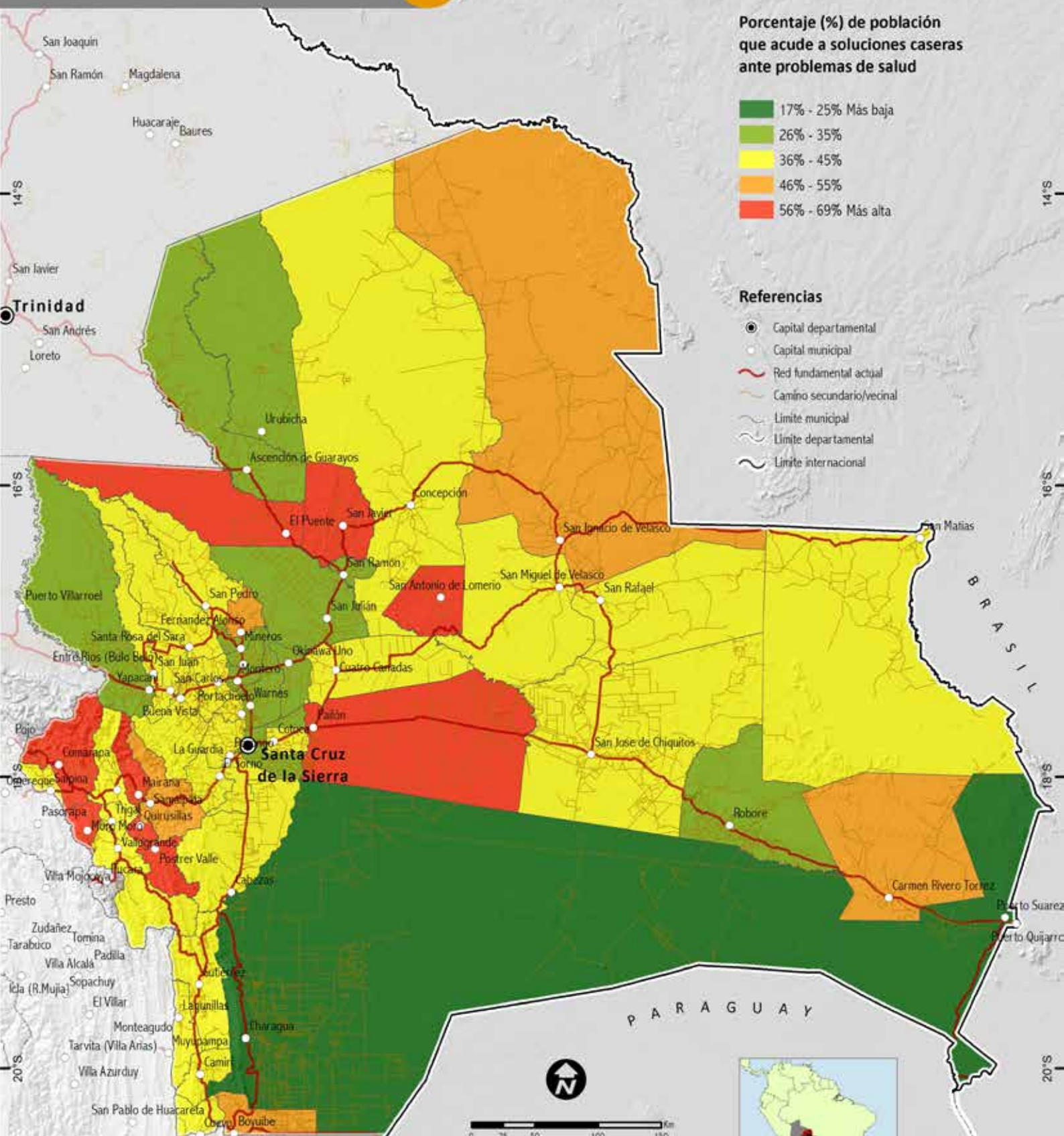


Porcentaje (%) de población que acude a soluciones caseras ante problemas de salud



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021

Elaborado por: S. Espinoza, I. Spickenbom
 Basado en el Censo de Población y Vivienda 2012.
 Instituto Nacional de Estadística (2015).
 Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
 Diseño de mapa: I. Spickenbom



Población de Riesgo

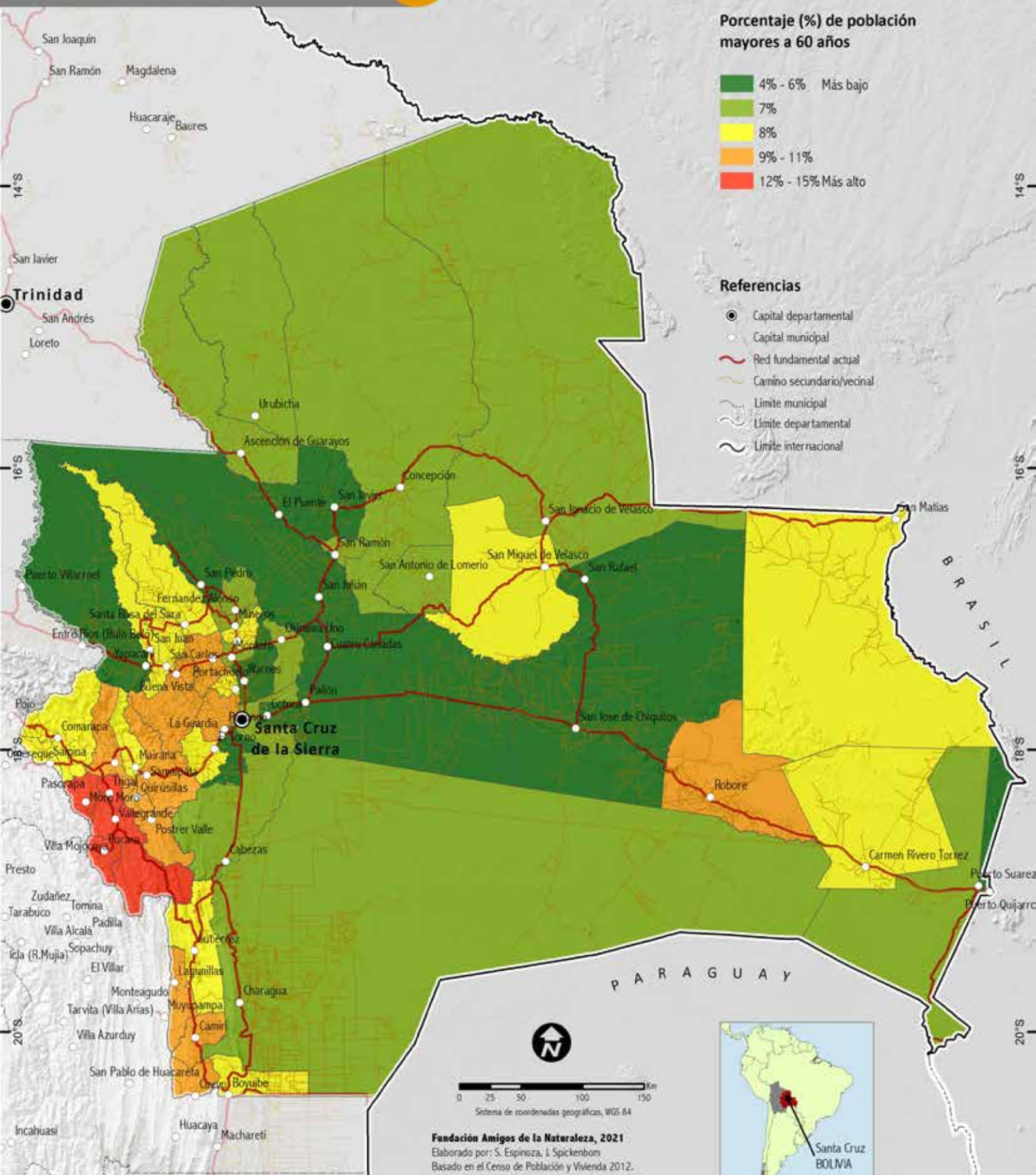


Porcentaje (%) de población mayores a 60 años



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021

Elaborado por: S. Espinoza, I. Spickenbom
Basado en el Censo de Población y Vivienda 2012.
Instituto Nacional de Estadística (2015).
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapas: I. Spickenbom

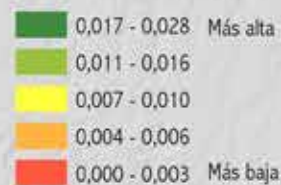


Tecnificación Agrícola con Tractores



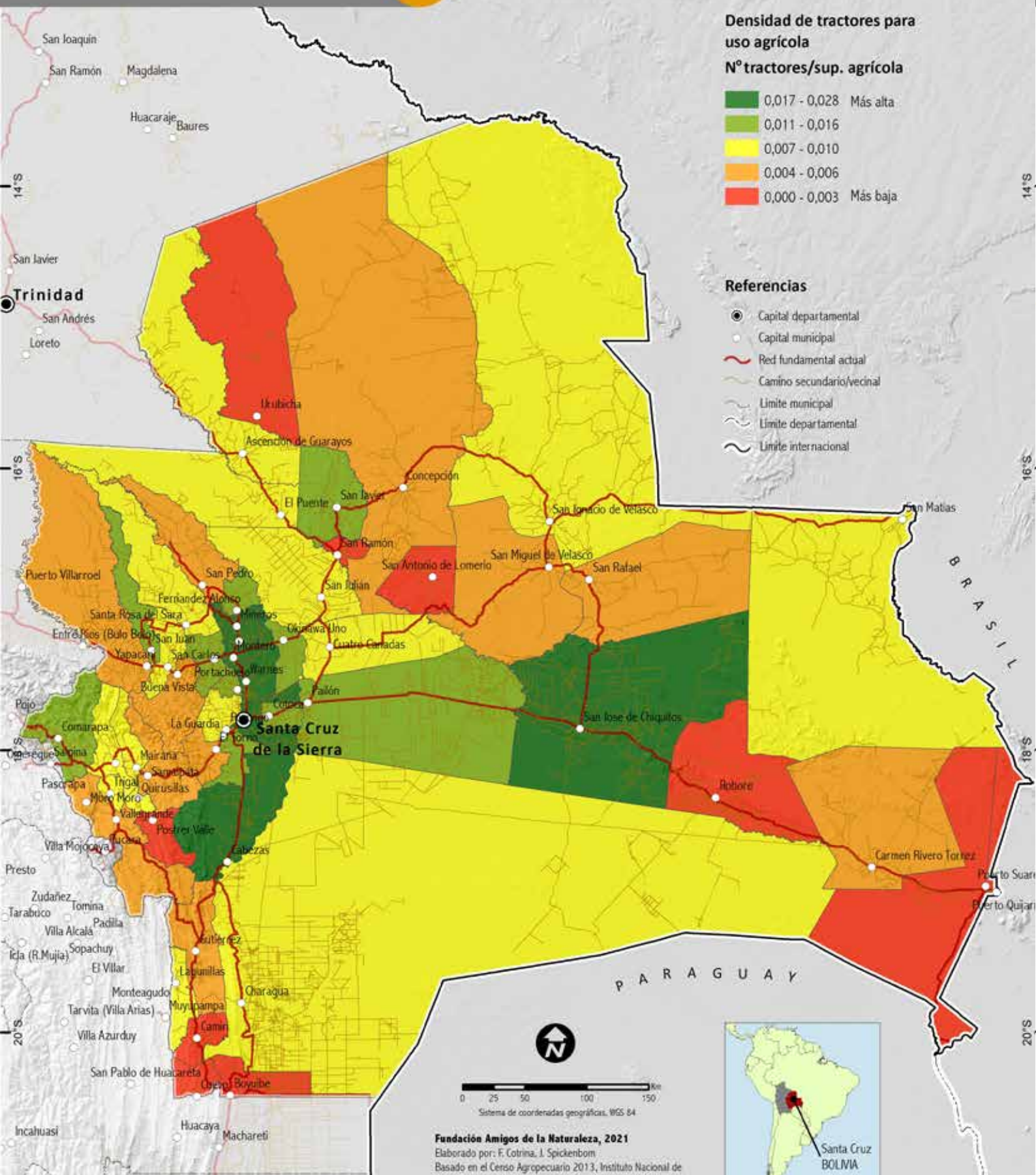
Densidad de tractores para uso agrícola

Nº tractores/sup. agrícola



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
 Elaborado por: F. Cotrina, J. Spickenbom
 Basado en el Censo Agropecuario 2013, Instituto Nacional de Estadística (2014).
 Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
 Diseño de mapa: J. Spickenbom

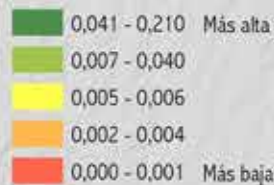


Tecnificación Agrícola con Cosechadoras



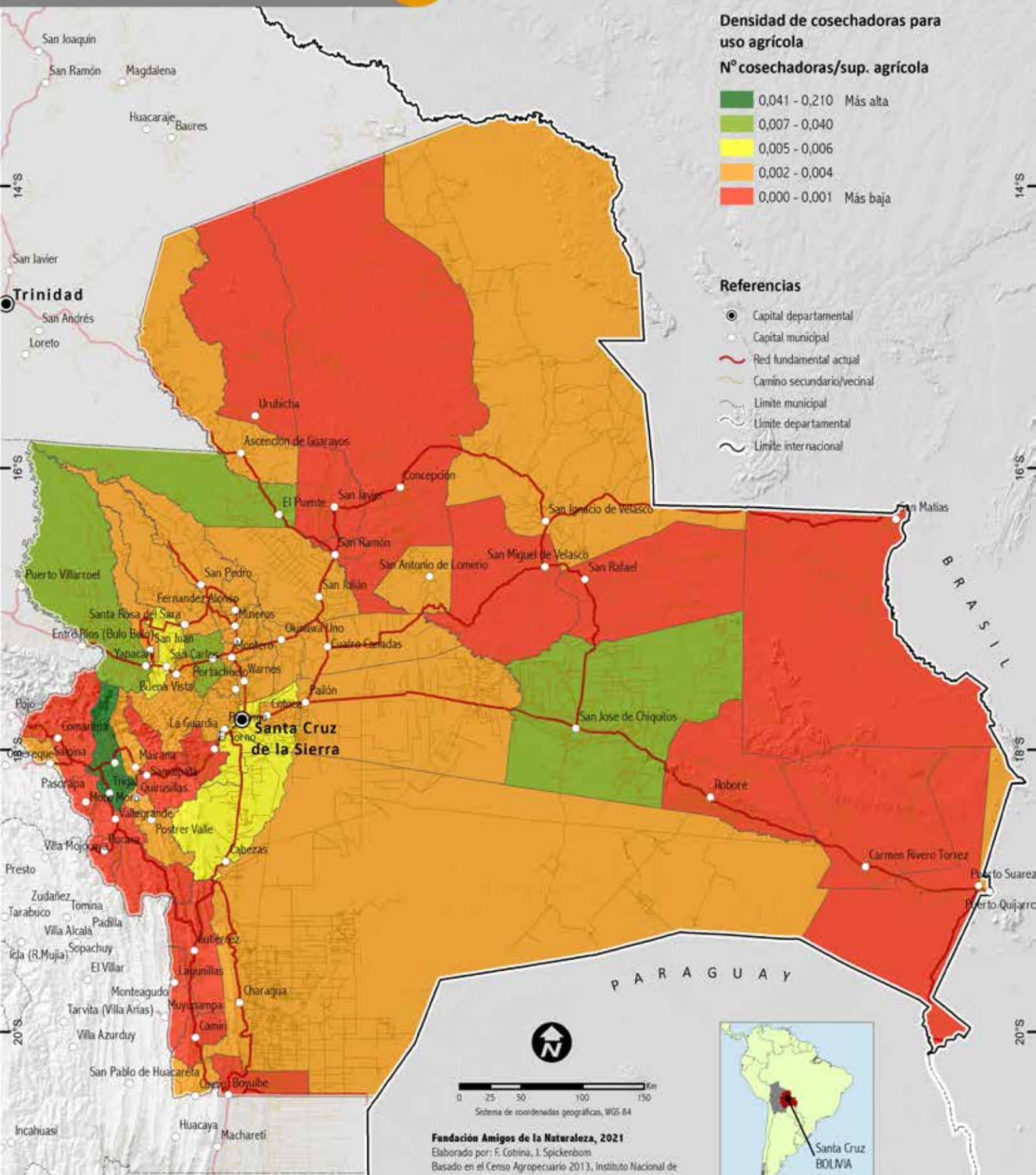
Densidad de cosechadoras para uso agrícola

Nº cosechadoras/sup. agrícola



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021

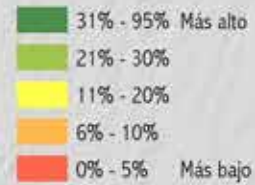
Elaborado por: F. Cottina, I. Spickenbom
 Basado en el Censo Agropecuario 2013, Instituto Nacional de Estadística (2014).
 Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
 Diseño de mapas: I. Spickenbom



Producción Agrícola bajo Riego

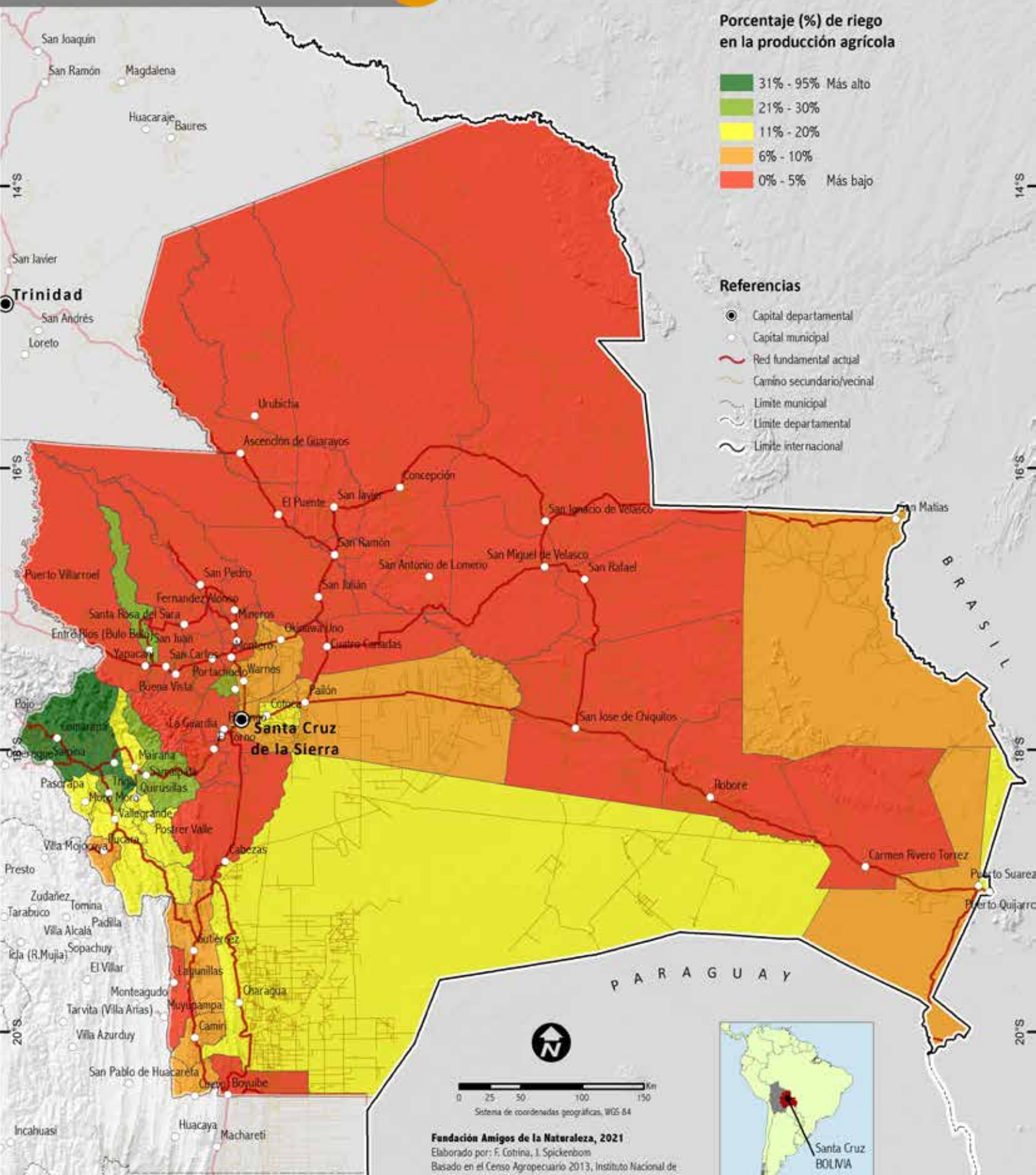


Porcentaje (%) de riego en la producción agrícola



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



Sistema de coordenadas geográficas, WGS 84

Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021

Elaborado por: F. Cottina, I. Spickenbom
Basado en el Censo Agropecuario 2013, Instituto Nacional de Estadística (2014).
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapas: I. Spickenbom

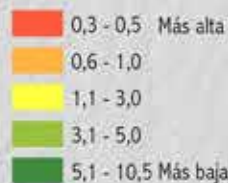


Santa Cruz BOLIVIA

Carga Animal de Bovinos

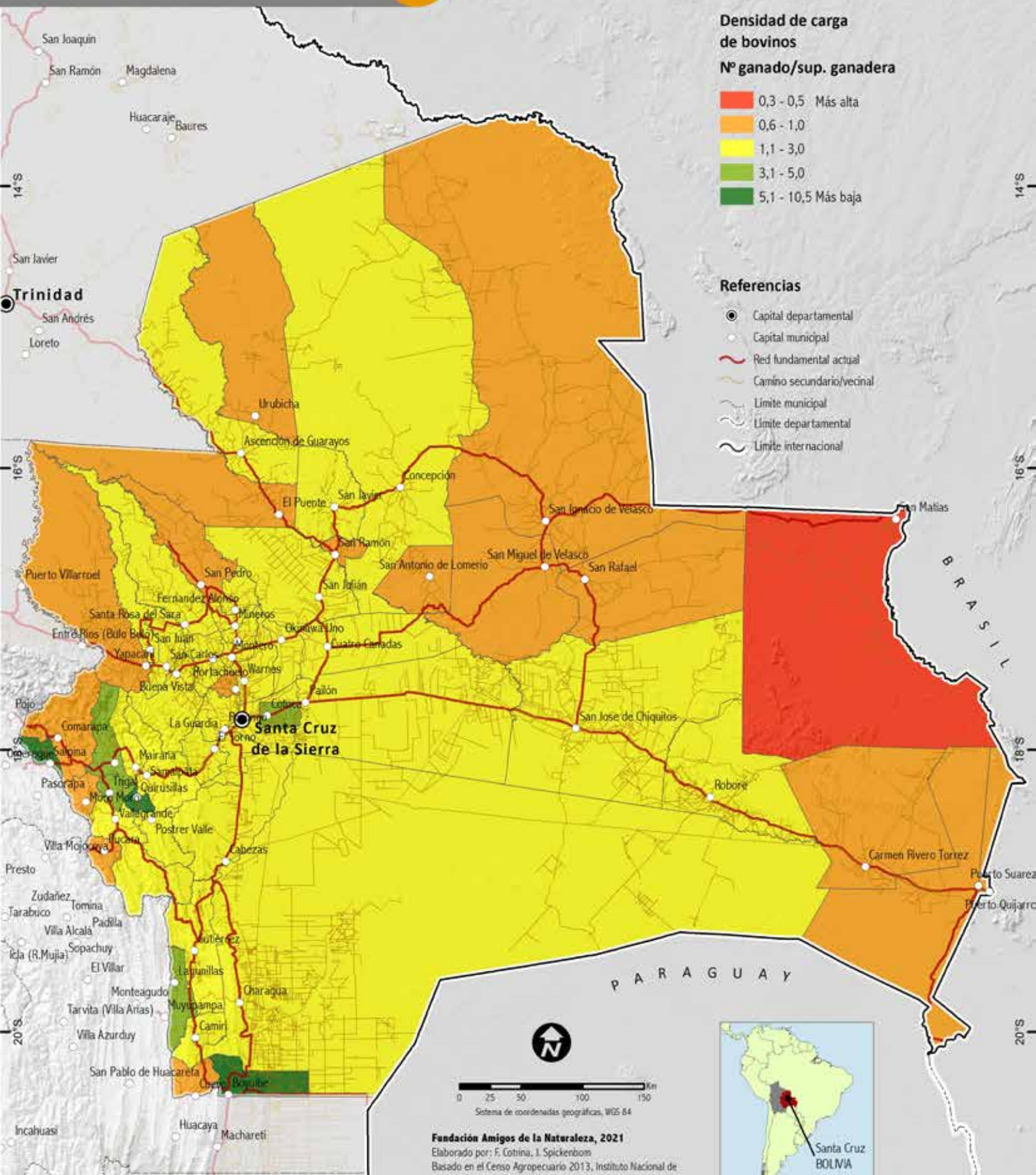


Densidad de carga de bovinos Nº ganado/sup. ganadera



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



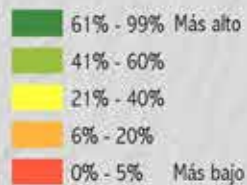
Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
Elaborado por: F. Cottina, I. Spickenbom
Basado en el Censo Agropecuario 2013, Instituto Nacional de Estadística (2014).
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapa: I. Spickenbom



Áreas bajo Conservación de Ecosistemas

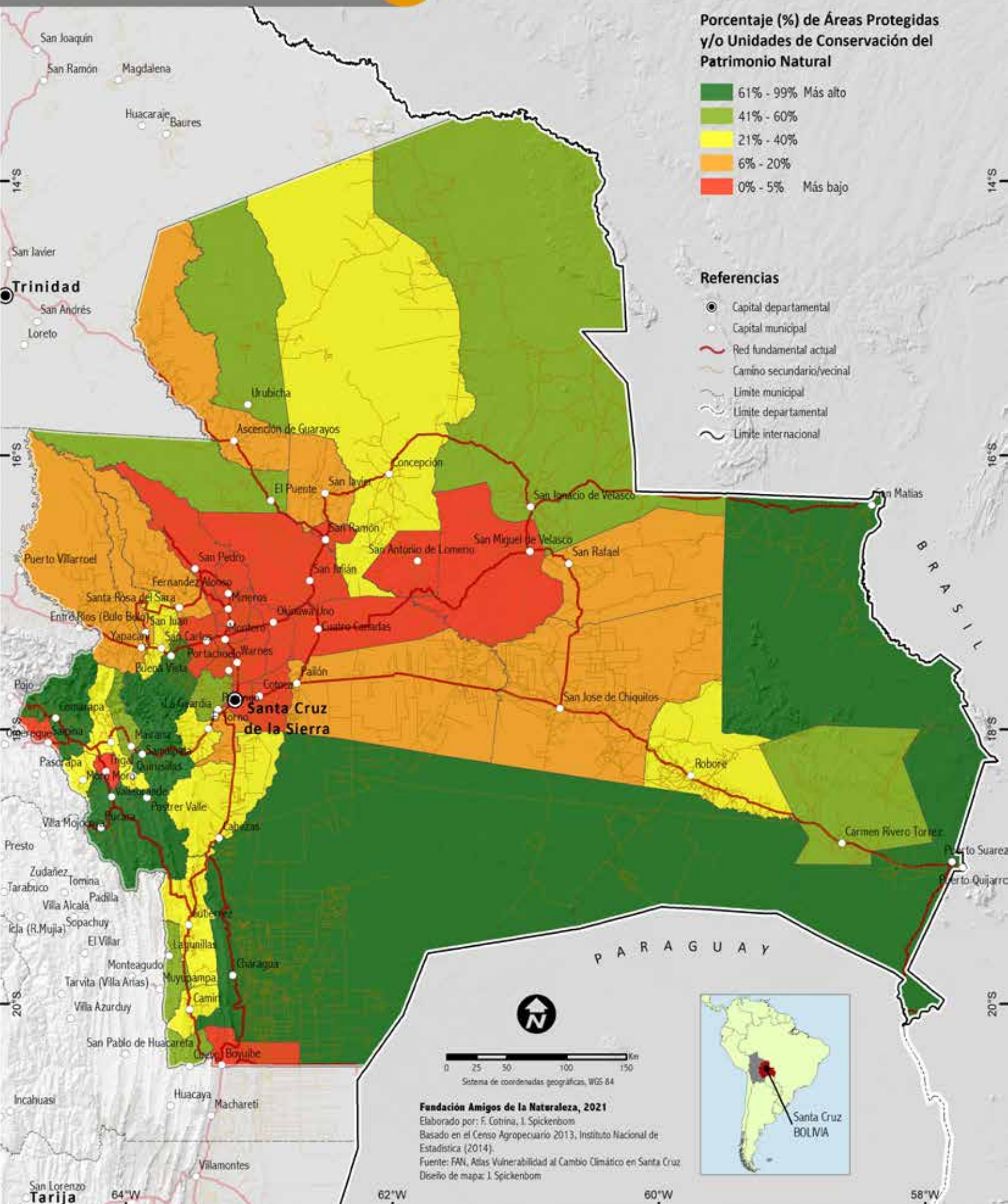


Porcentaje (%) de Áreas Protegidas y/o Unidades de Conservación del Patrimonio Natural



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional

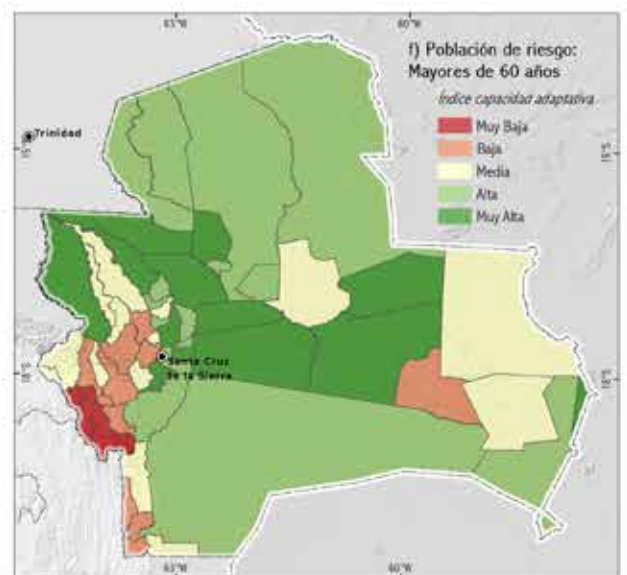
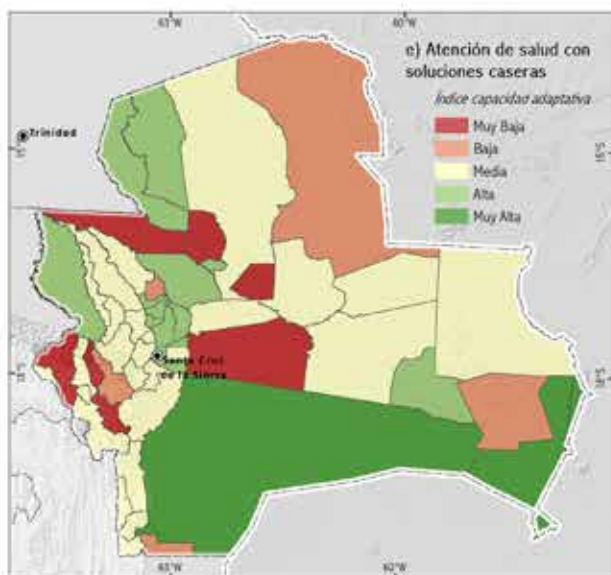
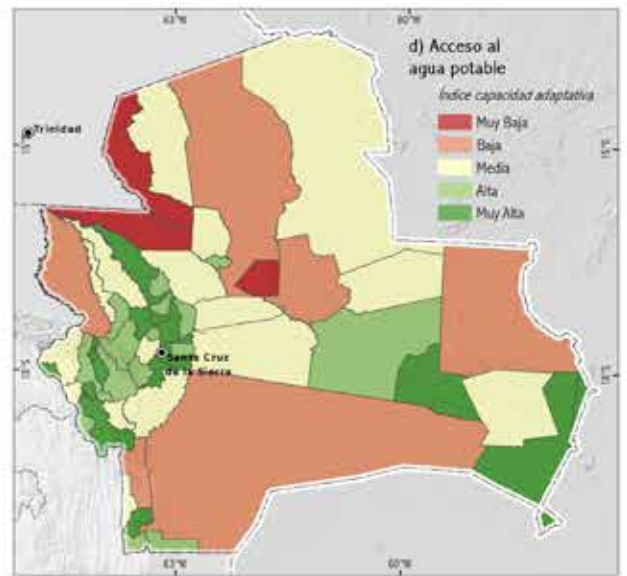
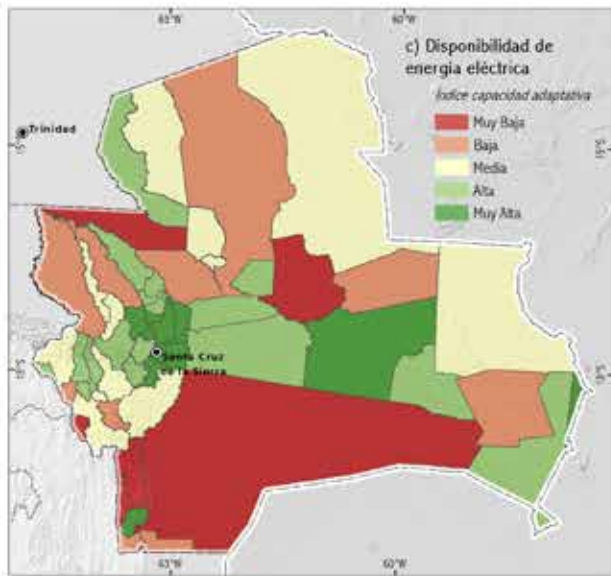
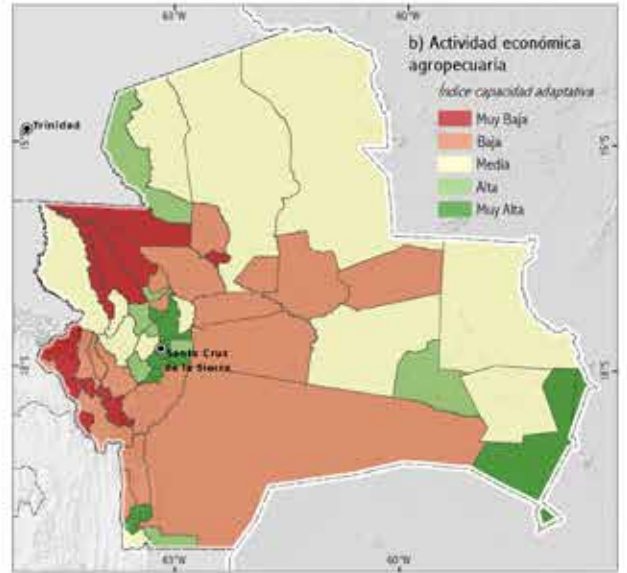
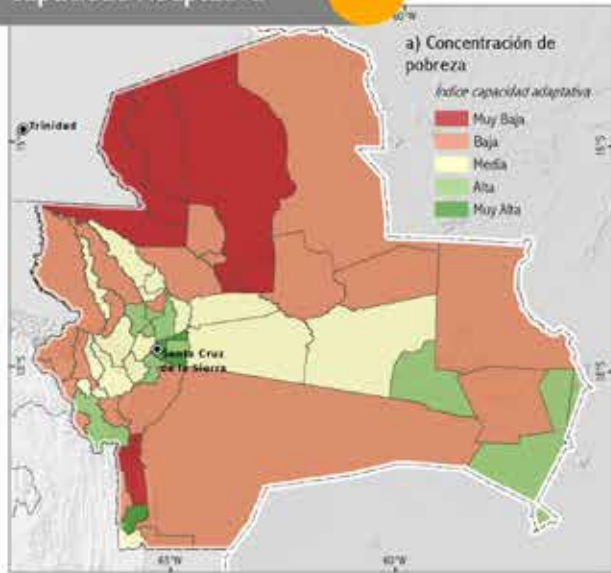


Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021

Elaborado por: F. Cottina, I. Spickenbom
 Basado en el Censo Agropecuario 2013, Instituto Nacional de Estadística (2014).
 Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
 Diseño de mapas: I. Spickenbom

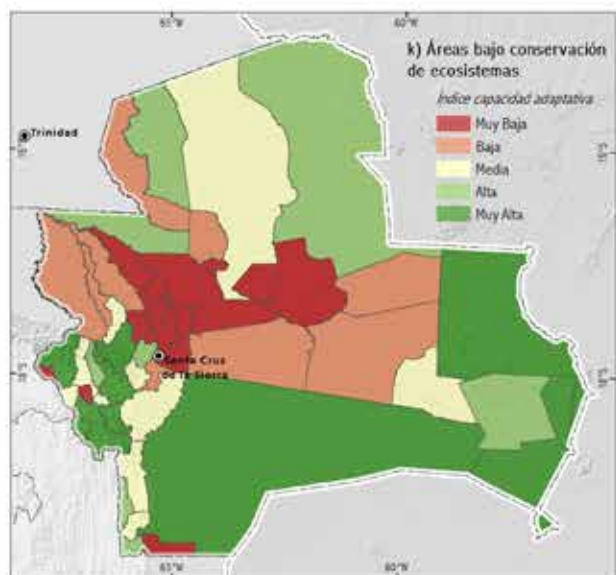
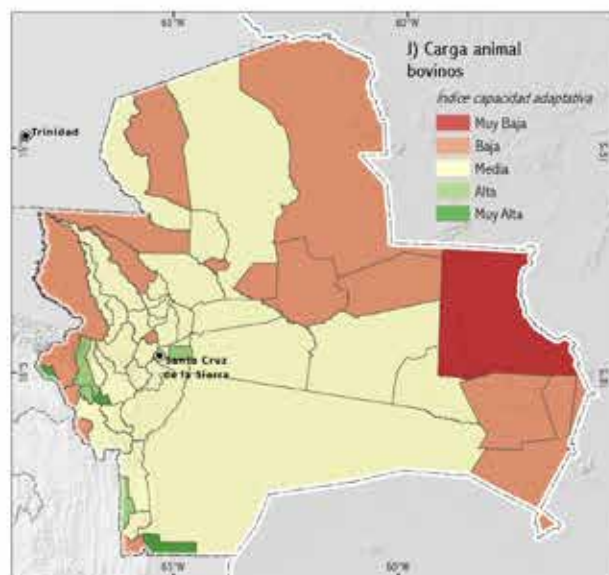
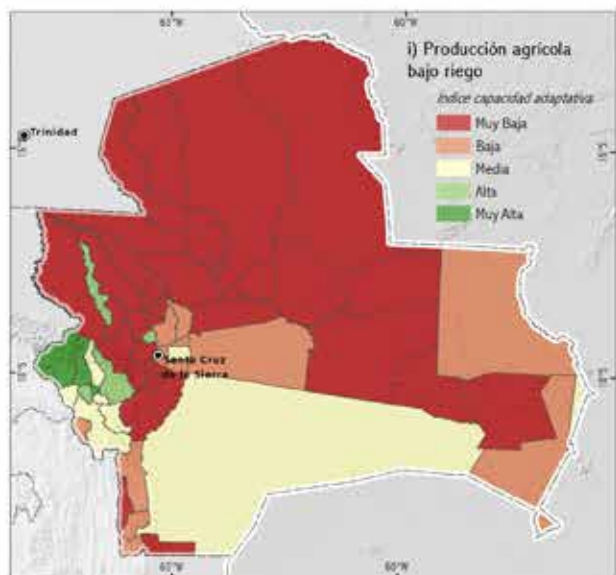
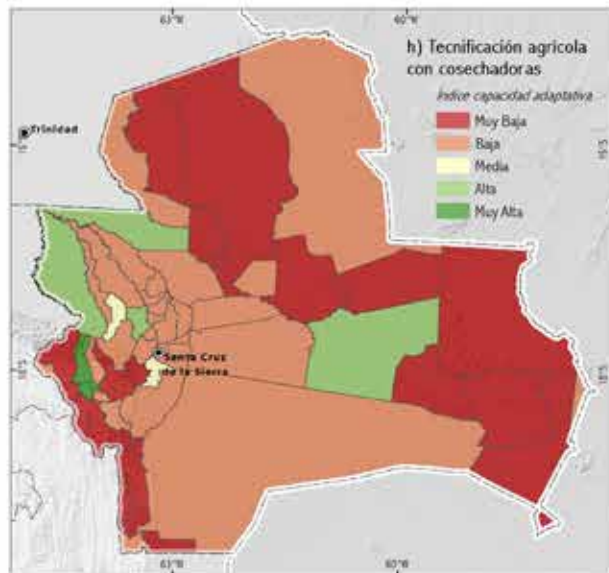
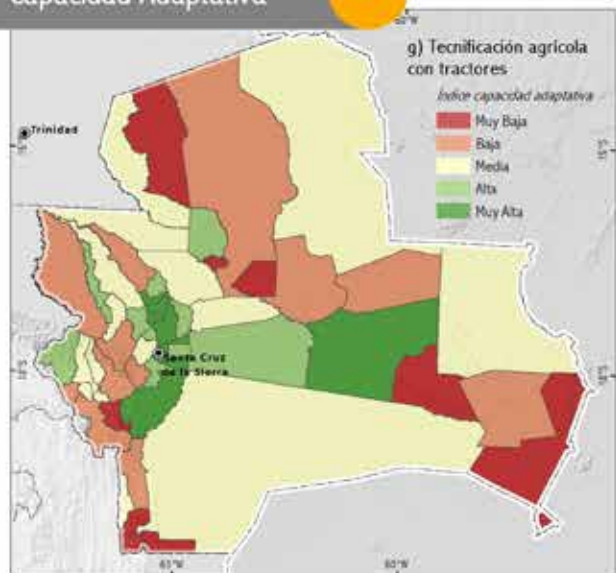


Capacidad Adaptativa



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021.

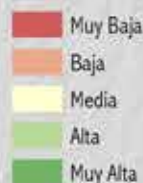
Capacidad Adaptativa



Capacidad Adaptativa

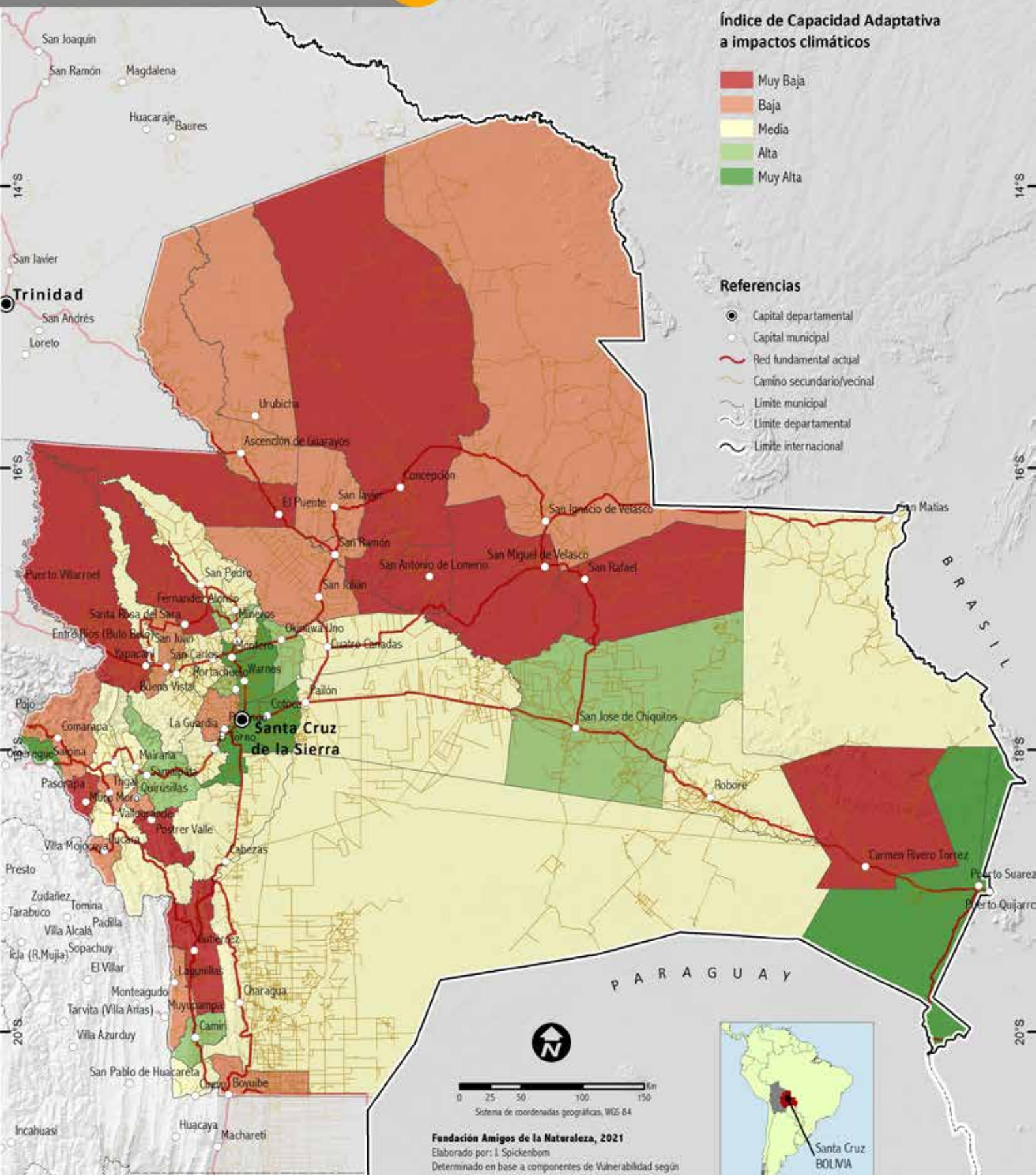


Índice de Capacidad Adaptativa a impactos climáticos



Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Limite municipal
- Limite departamental
- Limite internacional



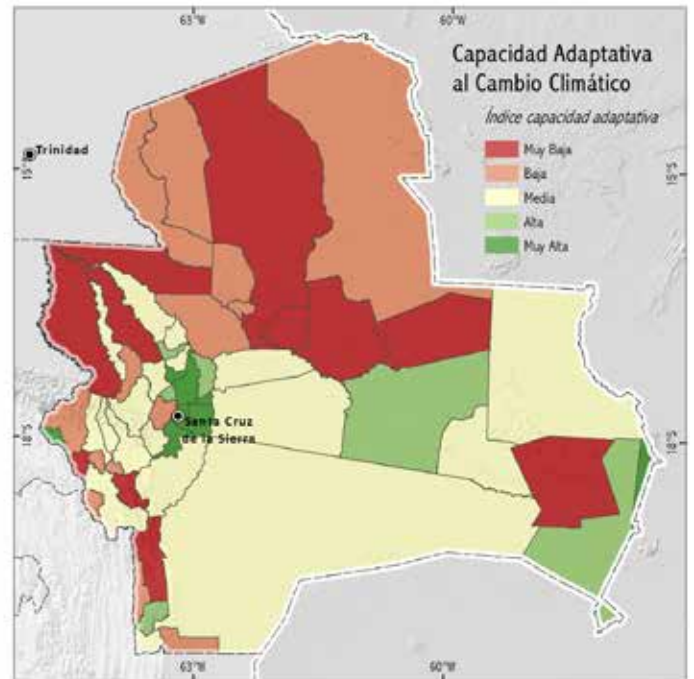
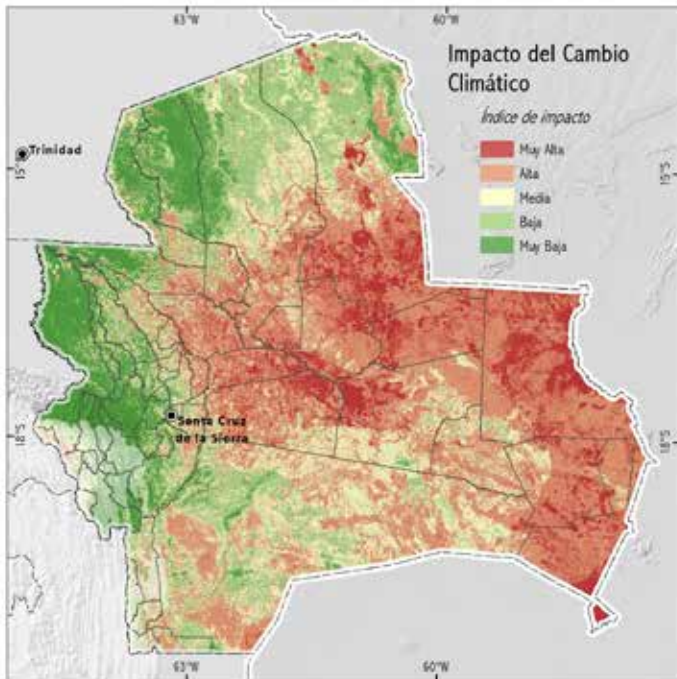
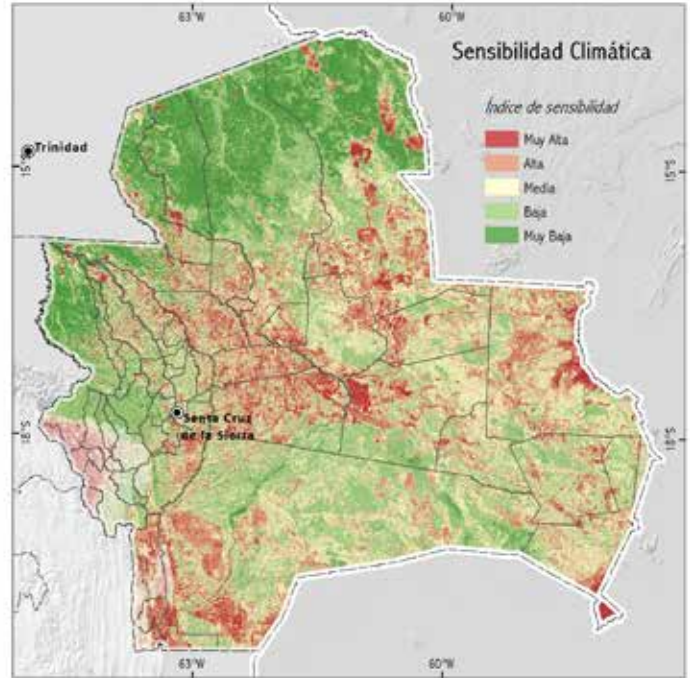
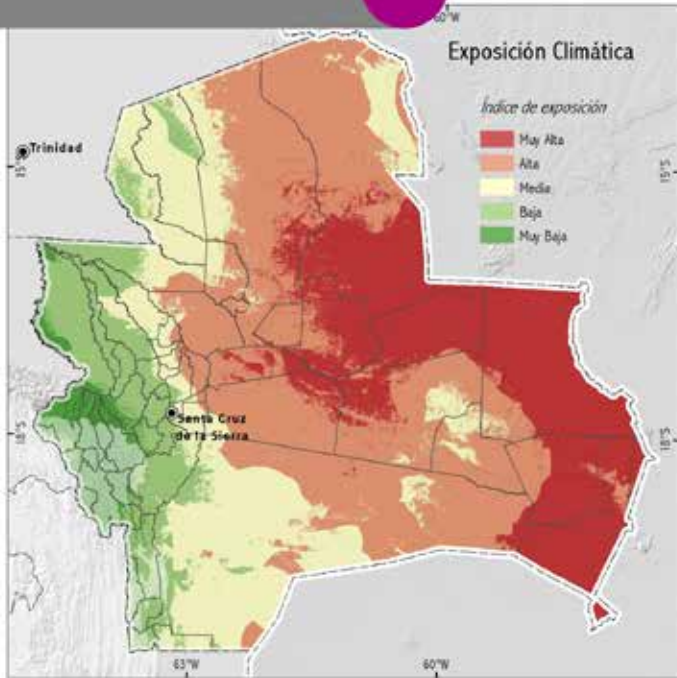
Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
Elaborado por: I. Spickenbom
Determinado en base a componentes de Vulnerabilidad según concepto del IPCC (2007).
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapa: J. Spickenbom





VULNERABILIDAD

Vulnerabilidad



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021.

Vulnerabilidad al Cambio Climático

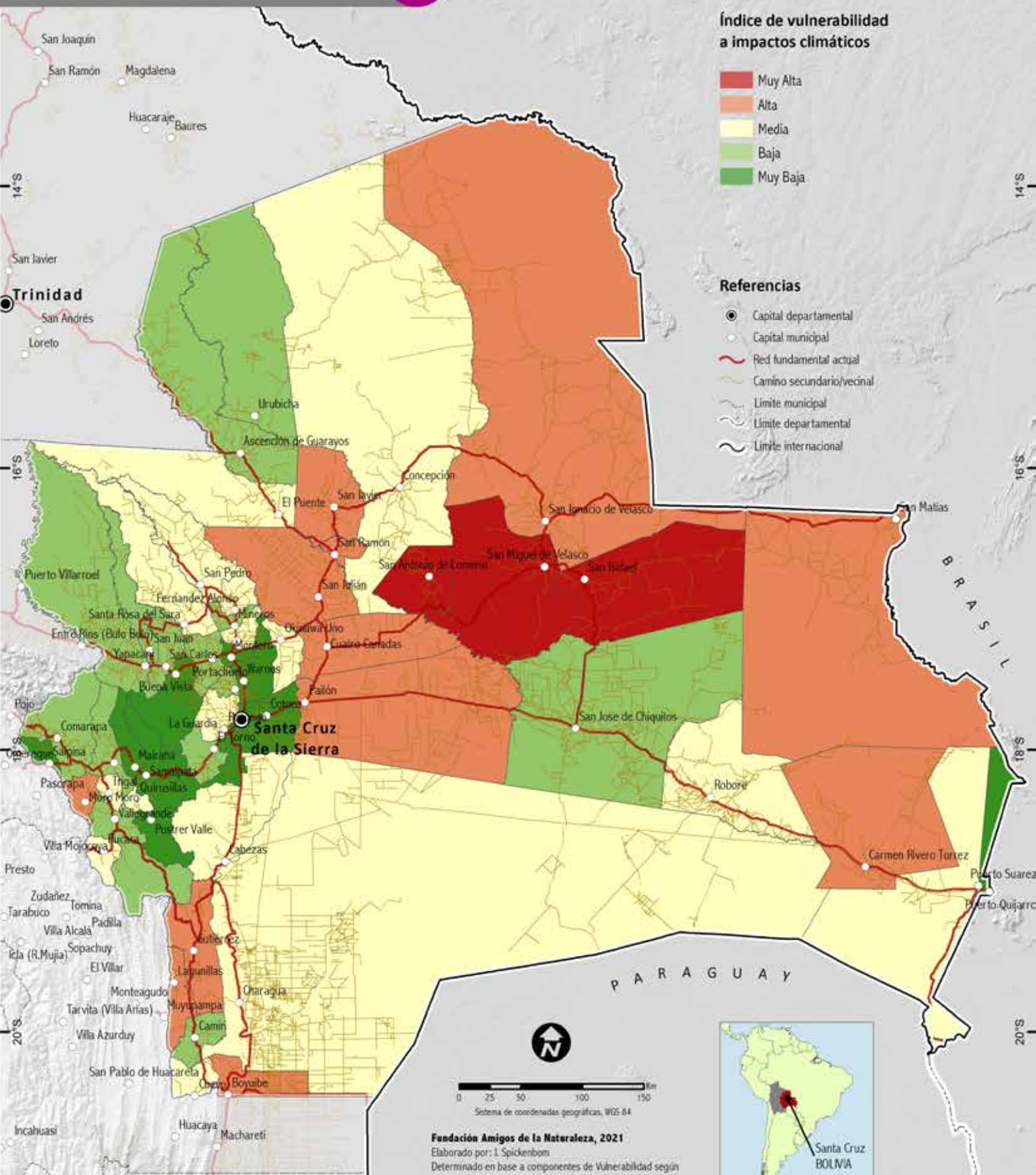


Índice de vulnerabilidad a impactos climáticos

- Muy Alta
- Alta
- Media
- Baja
- Muy Baja

Referencias

- Capital departamental
- Capital municipal
- Red fundamental actual
- Camino secundario/vecinal
- Límite municipal
- Límite departamental
- Límite internacional



Fundación Amigos de la Naturaleza, 2021
Elaborado por: I. Spickenbom
Determinado en base a componentes de Vulnerabilidad según concepto del IPCC (2007).
Fuente: FAN, Atlas Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz
Diseño de mapas: I. Spickenbom



CONSIDERACIONES FINALES

A partir del análisis de 25 indicadores que definen la vulnerabilidad departamental al cambio climático en Santa Cruz, se detallan las siguientes consideraciones:

- En términos de exposición climática; la Chiquitanía norte, Chiquitanía sur y Pantanal, son las regiones más golpeadas. En la época seca (agosto, septiembre, octubre) en los últimos cuarenta años (1980-2020), la temperatura media anual aumentó en el departamento de Santa Cruz en un rango de 0,5-1,7°C. Los cambios más extremos están en Puerto Quijarro. Las lluvias disminuyeron entre -11% y -36%, la mayor reducción se concentra entre San Matías y Puerto Quijarro. Las proyecciones futuras para el año 2050, indican que la temperatura podría incrementar hasta 4,9 °C en la época seca, intensificando el estrés hídrico en -64% respecto al balance hídrico actual. Las áreas de mayor impacto por estrés hídrico se concentran en la Chiquitanía norte y en el Chaco.

- La sensibilidad climática denota el grado de alteración de los ecosistemas del departamento de Santa Cruz y su capacidad para responder a los efectos del cambio climático. Los indicadores de riesgo de erosión, estado de conservación, índice de estrés hídrico,

índice de actividad fotosintética, sistemas acuáticos, índice topográfico de humedad, aptitud de suelos e inestabilidad de suelos concluyen que la sensibilidad climática es muy alta en las regiones del Pantanal, la Chiquitanía y Chaco.

- La combinación de la exposición y la sensibilidad definen que el grado de afectación biofísica del cambio climático se concentra con un impacto alto y muy alto en la Chiquitanía norte y sur, Pantanal y Chaco. Los quince municipios más impactados son San Ignacio de Velasco, Concepción, San Miguel de Velasco, San Ramón, San Antonio de Lomerío, Cuatro Cañadas, San José de Chiquitos, Roboré, San Matías, Carmen Rivero Torrez, Puerto Suarez, Puerto Quijarro, Charagua, Camiri y Cuevo.

- La capacidad adaptativa definida a una escala municipal según aproximaciones de cuan capaz es la población de adaptarse y resistir adversidades en base de criterios e indicadores establecidos (conocimiento, tecnología, gobernanza y recursos financieros) indica que es muy baja en los municipios de Carmen Rivera Torrez, San Rafael, San Miguel de Velasco, San Antonio de Lomerío, Concepción, El Puente, Santa Rosa del Sara, Yapacaní, Pasorapa, Postrer Valle y Gutierrez.

- La vulnerabilidad al cambio climático en los municipios cruceños, resulta de la integración de las áreas con alta exposición climática, alta sensibilidad climática, alto impacto climático y baja capacidad adaptativa, definiendo muy alta vulnerabilidad en San Antonio de Lomerío, San Miguel de Velasco y San Rafael. En un nivel de alta vulnerabilidad se encuentran San Ignacio de Velasco, San Matías, Carmen Rivero Torrez, San Javier, San Ramón, San Julián, Cuatro Cañadas y Pailón.

- Para adaptarnos al cambio climático latente en el departamento de Santa Cruz es importante hoy planificar nuestro desarrollo integrando a todos los sectores y sistemas productivos. Los escenarios actuales y futuros indican que está en riesgo la seguridad hídrica para la producción y abastecimiento de necesidades básicas. El balance del agua tiende cada vez más al estrés hídrico. Para proteger este recurso vital, es crucial fortalecer la gestión de las Áreas Protegidas y de Unidades de Conservación del Patrimonio Natural (UCPN), estas áreas resguardan las zonas productoras de agua más importantes del departamento de Santa Cruz.

- Las iniciativas y programas de adaptación deben contemplar la importancia de proteger la funcionalidad de los ecosistemas, su rol es muy significativo en la amortiguación de los impactos del cambio climático como se demuestra en el análisis de la sensibilidad de este estudio. Las prácticas de producción sostenible (sistemas agroforestales, silvopastoril y otras), restauración, así como la protección de los ecosistemas (servidumbres ecológicas) en cursos de agua, quebradas y arroyos apoyarán e incrementarán la resiliencia de los sistemas hidrológicos de Santa Cruz.

- Finalmente, el presente Atlas puede ser considerado como una herramienta para sustentar y apoyar el desarrollo de medidas de adaptación climático en congruencia con la política y estrategia departamental del cambio climático de Santa Cruz, y la Contribución Nacionalmente Determinada del Estado Plurinacional de Bolivia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrositio. 2018. ANAPO: 400 mil toneladas de soya disminuirán en la zona norte por lluvia e inundaciones. <https://www.agrositio.com.ar/noticia/192850-anapo-400-mil-toneladas-de-soya-disminuiran-en-la-zona-norte-por-lluvia-e-inundaciones>.
- Boehner, J., Koethe, R., Conrad, O., Gross, J., Ringeler, A., Selige, T. (2002): Soil Regionalisation by Means of Terrain Analysis and Process Parameterisation. In: Micheli, E., Nachtergaele, F., Montanarella, L. [Ed.]: Soil Classification 2001. European Soil Bureau, Research Report No. 7, EUR 20398 EN, Luxembourg, pp.213-222. http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/esb_rr/EUR22646EN.pdf.
- CanESM5. Swart et al. CCCma model output prepared for CMIP6 ScenarioMIP. Version 20210310. Earth System Grid Federation. <https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.1317>.
- Características de la población. Censo de Población y Vivienda 2012. Instituto Nacional de Estadística. ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA. Publicado 2015.
- Censo Agropecuario 2013. Instituto Nacional de Estadística. ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA. Publicado 2015.
- CHELSA V1.2. Karger et al (2017). Climatologies at high resolution for the Earth land surface areas. Scientific Data. 4 170122. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>
- Copernicus Climate Change Service (C3S) (2017): ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS), (date of access), <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>
- DOF (2012). Ley General de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Última reforma publicada DOF 13-07-2018
- Eckstein, D. et al. 2021. Índice de Riesgo Climático Global 2021. GERMANWATCH.
- Farr, T.G., Rosen, P.A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., and Alsdorf, D.E., 2007. The shuttle radar topography mission: Reviews of Geophysics, v. 45, no. 2, RG2004, at <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>.
- Fundación Amigos de la Naturaleza. Cambio de uso del suelo y sus efectos actuales y futuros en el municipio de Ascensión de Guarayos/Fundación Amigos de la Naturaleza; Marlene Quintanilla; Jan Spickenborn; Sara Espinoza. -Santa Cruz de la Sierra: Centro de Investigación y Promoción del Campesinado, 2019.
- Gusain, A., Ghosh, S., & Karmakar, S. (2020). Added value of CMIP6 over CMIP5. models in simulating Indian summer monsoon rainfall. Atmospheric Research, 232, 104680. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104680>
- GIZ 2014/2016: El Libro de la Vulnerabilidad. Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad. Bonn y Eschborn: GIZ. Consultado el 03.05.2017 en: <https://www.adaptationcommunity.net/vulnerability-assessment/vulnerability-sourcebook/> https://www.adaptationcommunity.net/?wpfb_dl=269
- Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz - Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial - Dirección de Ordenamiento Territorial. 2011. Fisiografía y aptitud de uso del suelo en el departamento de Santa Cruz - Fase II Vol. I. Proyecto Implementación del Plan Departamental de Ordenamiento Territorial.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2021. Cambio climático 2021. Bases físicas. Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de Trabajo I. al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Instituto Boliviano de Comercio Exterior. 2016. Agro cruceño ya perdió 485 millones de dólares. <https://lbce.org.bo/principales-noticias-bolivia/noticias-nacionales-detalle.php?id=70673&idPeriodico=9&fecha=2016-10-24>
- IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático.
- IPSL-CM6A-MR1. Boucher et al. (2019). Model output prepared for CMIP6 ScenarioMIP ssp585. Version 20210310. Earth System Grid Federation. <https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.5262>
- Monthly precipitation in mm at 1 km resolution based on SM2RAIN ASCAT 2007-2018 and IMERG 2014-2018. 10.5281/zenodo.1435912.
- MRI-ESM2-0. Yukimoto et al. (2019). Model output prepared for CMIP6 CMIP. Version 20210310 Earth System Grid Federation. <https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.621>.
- PECC (2014). Programa Especial de Cambio Climático (PECC). Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/314952/Logros_PECC_2016.pdf
- Rivera, J. A., & Arnould, G. (2020). Evaluation of the ability of CMIP6 models to simulate precipitation over Southwestern South America: Climatic features and long-term trends (1901-2014). Atmospheric Research, 241, 104953. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104953>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), 2020. Base de datos de temperatura media anual y precipitación mensual de estaciones climáticas del departamento de Santa Cruz. Bolivia.
- The Potential of EnMAP and Sentinel-2 Data for Detecting. Dotzler, S. et al. (2015). Drought Stress Phenomena in Deciduous Forest Communities. Environmental Remote Sensing and Geoinformatics, University of Trier.
- Wang, T., Tu, X., Singh, V. P., Chen, X., & Lin, K. (2021). Global data assessment and analysis of drought characteristics based on CMIP6. Journal of Hydrology, 596, 126091. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126091>



Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN)

Km 7 1/2 Doble Vía La Guardia

Tel: (591-3) 355-6800

Fax: (591-3) 354-7383

e-mail: fan@fan-bo.org

www.fan-bo.org