

INVESTIGACIÓN



CAMBIO CLIMÁTICO EN SANTA CRUZ

Nexos entre clima, agricultura y deforestación



CAMBIO CLIMÁTICO EN SANTA CRUZ

Nexos entre clima, agricultura y deforestación

Gonzalo Colque, Jose Luis Eyzaguirre y Efraín Tinta



INVESTIGACIÓN 2023

Esta investigación es posible gracias al apoyo de la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo – ASDI y la Alianza por los Derechos Ambientales y Territoriales de los Pueblos Indígenas de Bolivia (TIERRA-CEJIS)

TIERRA - Taller de Iniciativas en Estudios Rurales y Reforma Agraria

© TIERRA, 2023

Primera edición, agosto 2023

DL: 4134602023

ISBN: 978-9917-9818-9-3

Coordinador

Gonzalo Colque

Equipo de investigación

Jose Luis Eyzaguirre

Efraín Tinta

Editor: TIERRA

Calle Hermanos Manchego N° 2566

La Paz - Bolivia

Tel: (591) 2 243 2263

Email: tierra@ftierra.org

Sitio web: www.ftierra.org

Fotografía tapa: Gobierno Municipal de Santa Cruz de la Sierra

Diseño y diagramación: TIERRA

Fotografías y mapas: TIERRA

Impreso en Bolivia

Contenido

PRESENTACIÓN	9
RESUMEN EJECUTIVO	11
INTRODUCCIÓN	13
Planteamiento del estudio	15
Objetivos	19
Preguntas de investigación	19
Metodología	20
Estructura del contenido	23
1. SANTA CRUZ: SITUANDO EL ESCENARIO	25
Características regionales	26
Antecedentes agrarios	28
Antecedentes forestales	30
Clima e hitos agroclimáticos	32
Desafíos regionales	36
2. CAMBIO DEL CLIMA	39
Temperatura	40
Variación mensual de temperatura	44
Precipitación	47
Variación mensual de precipitación	50
Cambios en el calendario agrícola	53
3. AGRICULTURA Y DEFORESTACIÓN	61
Expansión de la frontera agrícola	63
Cambios agrícolas 1981-2022	64
Percepciones de los pequeños productores agropecuarios	71
Deforestación	72
Implicaciones para el cambio climático	81

4. INTERDEPENDENCIAS ENTRE CLIMA, AGRICULTURA Y DEFORESTACIÓN	83
Cambio del clima y deforestación	85
Cambio del clima y agricultura	88
Retos pendientes a escala local y regional	92
5. PROYECCIONES Y ESCENARIOS FUTUROS	95
Trayectorias de cambio	97
Proyecciones del clima al año 2060:	
¿Cómo será Santa Cruz en 40 años?	99
El futuro climático de Santa Cruz	105
Potenciales respuestas y medidas	108
6. PRINCIPALES CONCLUSIONES	111
¿Santa Cruz está cerca del “punto de no retorno”?	118
RECOMENDACIONES	121
BIBLIOGRAFÍA	127
ANEXOS	133

PRESENTACIÓN

La presente investigación aborda uno de los problemas climáticos y ambientales más complejos de Bolivia. Nos referimos al cambio de clima en Santa Cruz y sus nexos con la agricultura y la deforestación.

Vivimos en un mundo donde el calentamiento global tiene impactos negativos cada vez más preocupantes, al punto que estamos batiendo casi todos los registros históricos en distintas variables interrelacionadas entre sí. Las olas de calor, las sequías, las inundaciones o los incendios forestales hacen noticia en todos los rincones del planeta. Y a pesar de esta situación, estamos haciendo muy poco para adoptar verdaderos compromisos de cambio acordes a la gravedad de la crisis. A nivel internacional, los avances y las medidas implementadas siguen siendo insuficientes para encaminarnos hacia un escenario de desarrollo sostenible para todos.

De igual manera, en Bolivia, tenemos grandes desafíos ambientales y climáticos. Aunque el acelerado crecimiento de la agricultura de Santa Cruz genera importantes ingresos económicos, es también la principal causa de la deforestación en el país, y esta pérdida de bosques se traduce en cambios climáticos que tienen impactos en el área rural y también en la vida cotidiana de las personas del país y de la región. Precisamente, este el punto de partida de esta investigación que, esperamos, sea una contribución para el debate sobre desarrollo sostenible del departamento cruceño y de Bolivia.

Esta investigación es posible gracias al apoyo de la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (ASDI) y la Alianza por los Derechos Ambientales y Territoriales de los Pueblos Indígenas de Bolivia conformada por Fundación TIERRA y CEJIS. Esperamos que sea de interés de todos los lectores.

Juan Pablo Chumacero
Director ejecutivo - Fundación TIERRA

RESUMEN EJECUTIVO

Esta publicación aborda la problemática del cambio del clima en el departamento de Santa Cruz y sus interdependencias con la agricultura y la deforestación. Desde una perspectiva multidisciplinaria, identifica y evalúa las transformaciones de las últimas cuatro décadas (1981-2020) y las proyecciones hasta el año 2060.

La información cuantitativa proviene de bases de datos de organismos internacionales especializados en cambio climático, como el último informe (AR6) del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2023), las estadísticas nacionales sobre la agricultura y tenencia de la tierra y los reportes de información geográfica sobre bosques de la unidad de monitoreo de recursos naturales de Fundación TIERRA. Complementariamente, contiene información cualitativa recopilada mediante trabajos de campo realizados a finales de 2022 e inicios de 2023.

A modo de un resumen ejecutivo, los principales resultados de investigación son los siguientes:

- 1. La temperatura promedio se incrementó en 1,1 °C con respecto a los registros de la década de los 80.** El calentamiento de Santa Cruz está por encima del global del mismo periodo (0,6 °C). En el peor escenario proyectado, el aumento de la temperatura del territorio cruceño podría escalar hasta 3,2 °C para el año 2060.
- 2. Los días de calor extremo serán más frecuentes en el futuro.** Para el año 2060, Santa Cruz tendrá por año entre 14 a 29 días con temperaturas máximas por encima de 40 °C. Este escenario futuro representa un cambio drástico en comparación con los 3 días actuales.
- 3. Llueve 27% menos que hace 40 años.** La precipitación anual bajó desde 1.446 mm hasta 1.050 mm. Esta variación climática está por detrás de los eventos climáticos extremos de inundaciones repentinas y sequías prolongadas.

-
- 4. Se retrasa el inicio de la temporada de lluvias.** Los meses de septiembre, octubre, noviembre (incluso diciembre) son más calurosos y menos lluviosos que en el pasado. El retraso de la temporada húmeda es un comportamiento climático de alcance regional que afecta al departamento de Santa Cruz, a la Amazonía boliviana y a la región del Monzón Sudamericano en general.
- 5. El cambio climático en suelo cruceño es una consecuencia y, al mismo tiempo, una causa de la expansión acelerada y descontrolada de la agricultura y la deforestación.** Aunque el cambio climático global impacta de forma negativa, no es el único ni el principal causante del problema climático de Santa Cruz. El clima, la agricultura y los desmontes están estrechamente interconectados.
- 6. Santa Cruz debe plantearse metas climáticas y agroambientales,** que sean medibles y cuantificables, antes de rebasar el “punto de no retorno”. Caso contrario, la crisis climática no tendrá vuelta atrás y sus efectos multiplicadores provocarán múltiples crisis de tipo ambiental, productivo, económico y conflictos sociopolíticos.

INTRODUCCIÓN

El alarmante cambio del clima en la zona tropical de Santa Cruz es uno de los grandes temas de actualidad. Existe amplio consenso entre los estudios existentes al respecto que evidencian aumentos de temperatura, disminuciones de precipitaciones y variaciones de los ciclos de evapotranspiración. El cambio de clima afecta tanto a las extensas zonas de agricultura mecanizada como a los principales centros urbanos. Son espacios de intervención humana que crecen rápidamente. Se trata de cambios relativamente recientes, desde la década de 1980 que, gradualmente, fueron intensificándose hasta el presente.

Por supuesto, el escenario mayor de lo que sucede en el suelo cruceño es el calentamiento global. También existe amplio consenso científico de que el cambio climático global es un hecho comprobado o una realidad innegable. Según los estudios especializados, como el último informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), la principal fuerza impulsora del calentamiento global es la actividad humana. En la actualidad, el planeta tiene una temperatura de $1,2\text{ °C}$ (± 0.1) superior a la que tenía antes de 1900. Esto significa que, en los últimos 120 años, la temperatura promedio del planeta se elevó gradual e irreversiblemente, provocando alteraciones que podrían empeorar en los próximos años. Por esta razón, el Acuerdo de París (Naciones Unidas, 2015) se propuso evitar que el aumento de la temperatura supere los $1,5\text{ °C}$ para el año 2100, lo que es considerado como el límite máximo para protegernos de las peores consecuencias del cambio climático. Los principales eventos constatados hasta ahora por los científicos son: i) el descongelamiento de los hielos polares, ii) la elevación del nivel del mar, iii) los fenómenos meteorológicos extremos, como inundaciones, olas de calor y sequías, iv) las pérdidas de hábitats y ecosistemas en diferentes lugares del mundo; entre otros (OMM, 2023).

Otro dato importante a tener en cuenta es que el calentamiento global no afecta de igual forma a las distintas regiones del planeta. El ártico, las islas del océano Pacífico y las zonas costeras están entre las regiones altamente vulnerables frente al aumento del nivel del mar. África subsahariana es la más afectada por precipitaciones erráticas, sequías frecuentes, desertificación y degradación de los suelos. La Amazonia es víctima de incendios forestales más frecuentes y de mayor magnitud en los últimos años. En Bolivia, el departamento de Santa Cruz está entre las regiones del mundo donde la temperatura aumenta aceleradamente desde la década de los 80 (Lawrence y Vandecar, 2014). Estos impactos diferenciados o regionalizados se deben a factores como los efectos diferenciados del calentamiento global o los grados de incidencia de las actividades humanas sobre las regiones de intervención. Según algunos estudios comparativos de los bosques tropicales del mundo, las intervenciones humanas en la Amazonia tienen un impacto climático directo sobre la misma Amazonia, lo que no ocurre precisamente en los bosques tropicales de África Central y Sudeste de Asia (Lawrence y Vandecar, 2014; Nobre, et al., 2021). Esto significa que una intervención humana como la deforestación en la Amazonia causará cambios de clima directos a nivel regional y local, lo que no sucedería necesariamente en los bosques asiáticos. Estas diferencias se generan por las características particulares que tiene cada continente, por ejemplo, el tipo de suelo, la topografía, la climatología, la atmósfera del océano, las corrientes atmosféricas y los ciclos de distribución de agua.

En este contexto, el departamento de Santa Cruz es altamente sensible y vulnerable al cambio climático debido al aumento de las intervenciones humanas relacionadas con la agricultura mecanizada que crece a expensas de los bosques. La tala y quema de los bosques se intensificó en las últimas décadas para la habilitación de grandes campos de cultivo y pasturas ganaderas. El reemplazo de los bosques por monocultivos o pasturas ganaderas libera a la atmósfera el dióxido de carbono (CO_2) almacenado en la vegetación, lo que incide en el calentamiento global, transforma los ecosistemas y altera los ciclos y flujos de agua. El cambio del uso de suelo para cultivos anuales acaba afectando, en alguna medida, la micro-meteorología y la hidrología

reguladas por los bosques (Tinker, Ingram, Struwe, 1996), y debido a que Santa Cruz forma parte de la Amazonia, las crecientes intervenciones humanas y el cambio del uso del suelo acaban provocando cambios negativos en el clima cruceño.

Entonces, el cambio de clima, la agricultura mecanizada y la pérdida de los bosques están unidos por cordones umbilicales. Por esta razón, el abordaje conjunto es una necesidad de primer orden para avanzar en los estudios sobre el clima de Santa Cruz y para el diseño de políticas y buenas prácticas orientadas hacia el desarrollo agropecuario sostenible.

Planteamiento del estudio

Tanto la acelerada ampliación de los campos de cultivos, como el aumento permanente de la deforestación son componentes centrales de la reciente historia de Santa Cruz. El inicio de la década de los 80 se puede considerar como un punto de partida apropiado para la valoración de las mayores transformaciones agroambientales de todo el siglo XX y principios del XXI. En ese periodo inicial, las tierras cultivadas alcanzaban 321 mil hectáreas anuales, cifra que aumentó en 202% en los años 90. En la primera década del siglo XX escaló al 424%, y en la década de 2010 siguió trepando hasta llegar a un 714% de crecimiento con respecto a los años 80. En estas cuatro décadas, las hectáreas de tierras cultivadas se multiplicaron a un ritmo sin precedentes en la historia cruceña. Al día de hoy, las hectáreas cultivadas siguen creciendo, habiendo llegado a 3.010.000 hectáreas el año 2022 (INE, 2022). Esta transformación acelerada del agro cruceño se debe, básicamente, a la adopción y consolidación de un modelo de agricultura convencional a gran escala que llegó a América del Sur a mediados del siglo pasado, principalmente a Argentina y Brasil.

Este modelo se caracteriza por la presencia predominante de grandes campos de monocultivos de soya y maíz genéticamente modificados (GM). La consolidación del modelo se produjo con la introducción de la semilla de soya GM tolerante al glifosato hacia mediados de los años 90, lo que el Gobierno Nacional acabó legalizando el 2005.

Aunque la soya GM, creada y patentada por Monsanto, es el único cultivo legalizado en Bolivia (Martínez, 2020), en los años recientes está creciendo rápidamente el uso ilegal del maíz GM. Los agricultores experimentaron grandes cambios al tener la posibilidad de eliminar las malezas de forma masiva con el uso del herbicida en base al glifosato. El modelo de monocultivos a gran escala se posicionó como una necesidad técnica para la fumigación irrestricta con el uso intensivo de maquinarias agrícolas a gran escala, incluso, usando avionetas para la fumigación aérea.

Como era de esperarse, la expansión de este modelo agrario condujo al aumento de la deforestación. En las zonas tropicales como Santa Cruz, el crecimiento de la agricultura conduce, casi inevitablemente, a la reducción de las áreas boscosas, lo que se agrava cuando se trata de monocultivos que demandan desmontes o deforestaciones a gran escala. El departamento cruceño tiene estas características.

El departamento de Santa Cruz está mayormente constituido por tres tipos de bosques: el bosque amazónico, el bosque chiquitano y el bosque chaqueño. Al día de hoy se estima que cerca del 47% del territorio está cubierto por bosques primarios. El bosque amazónico es el más denso, verde y con árboles de hasta 45 metros de altura. El bosque chiquitano se encuentra en el centro y al este del departamento, con vegetación semidensa y árboles de hasta 30 metros de altura. El bosque chaqueño está al sur del departamento y se caracteriza por el bosque caducifolio con especies de hasta 20 metros de altura y arbustos espinosos (Müller, Pacheco, Montero, 2014). A medida que avanza la agricultura, la deforestación se centra mayormente en los bosques amazónicos de la zona norte y en los bosques chiquitanos al este de la principal urbe cruceña.

Santa Cruz cuenta con algunos estudios especializados que abordan el problema de clima y bosques. La Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN), la Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano (FCBC), el Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA), el Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado (MHNNKM) y otros, realizaron estudios comparativos de cambios del clima entre áreas intensivamente deforestadas o intervenidas para la agricultura y áreas con cobertura boscosa.

Los resultados coinciden en señalar que los cambios climáticos más drásticos tienen lugar en las áreas con mayor intervención humana. Por ejemplo, un reciente estudio sobre la Chiquitanía concluye que existiría una diferencia de hasta 3,1 °C en cuanto a temperatura diurna entre áreas deforestadas y áreas con bosque (Maillard, et al., 2023). Varios trabajos de la FAN aportan valiosas evidencias sobre la intensificación y mayor duración de la época seca en las áreas deforestadas y, en contraposición, menor precipitación y acortamiento de la época húmeda (Quintanilla, Spikenboom, Espinoza, 2023).

Además de que estas y otras contribuciones afirman con evidencias que las pérdidas de bosques inciden en el cambio del clima, abren nuevos temas de investigación para seguir profundizando nuestro entendimiento sobre los problemas agroambientales de Santa Cruz. Sin embargo, las limitaciones y complejidades siguen siendo numerosas debido a las múltiples interacciones entre clima, agricultura y deforestación o a los cambiantes patrones de comportamiento climático que no están del todo sistematizados o modelizados a escala departamental e intra-departamental. Una limitación técnica que siguen enfrentando los estudiosos de estos temas es la disponibilidad limitada y la baja fiabilidad de los datos climatológicos, agropecuarios y forestales. A pesar de que en los últimos años existen más estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y mayor accesibilidad a la información satelital, los registros de datos siguen siendo o bien incompletos o estimaciones dependientes de modelos matemáticos y climatológicos disímiles entre sí o con márgenes significativos de error estadístico. Es importante tener en cuenta estas limitaciones en cuanto a la información cuantitativa, sobre todo respecto al cambio del clima, ya que las mínimas variaciones pueden tener implicaciones de gran alcance al momento de interpretar los resultados o de formular las conclusiones y recomendaciones. Por ejemplo, las mediciones de temperatura presentan cambios en decimales de grados centígrados (°C) a lo largo de varias décadas. De igual manera, los modelos y métodos matemáticos utilizados para el procesamiento de los datos pueden reportar hallazgos diferenciados entre sí, incluso a partir de las mismas fuentes de información.

Una dificultad adicional es la medición de los cambios en escenarios cambiantes. Tanto la agricultura, como la deforestación no son realidades estáticas, sino que están en expansión permanente, avanzando hacia nuevas áreas geográficas y nuevos ecosistemas por medio del crecimiento de las brechas de penetración de la frontera agrícola o eliminación de las cortinas “rompevientos” entre los predios agrícolas, creando simultáneamente áreas alejadas y áreas adyacentes a los bosques. Como todo esto ocurre en periodos relativamente cortos, incluso entre un año y otro, es previsible que los cambios del clima oscilarán en función de variaciones históricas, cambios en curso, composición cambiante de variables de incidencia y otros factores, de modo que sería sumamente complicado el atribuir los impactos de cada una de las variables intervinientes y según momentos específicos. Los fenómenos globales o continentales como El Niño y La Niña también enmascaran los cambios climáticos relacionados con la agricultura y deforestación.

Sin perder de vista estas complejidades, el principal campo de interés de este estudio es conectar el cambio del clima con la agricultura y la deforestación, precisamente por las razones expuestas en esta sección introductoria. Problematizar y entender los nexos es una cuestión que no ha recibido suficiente atención en la región cruceña. La importancia de revertir este descuido está dada por la necesidad cada vez más apremiante de formular y adoptar recomendaciones para diseñar políticas y prácticas agropecuarias acorde a los nuevos tiempos y desafíos. Hasta ahora, los esfuerzos por evidenciar y comunicar cómo la deforestación afecta al cambio climático están ayudando a sensibilizar a la población en general sobre la necesidad de cuidar los bosques, pero siguen siendo insuficientes para visibilizar la necesidad de transitar del actual modelo agropecuario hacia una agricultura más sostenible e integrada a la conservación de los bosques. Hablar de deforestación se traduce en recomendaciones para proteger los ecosistemas, parques nacionales y recursos de bosque, pero hablar de nexos entre clima, agricultura y deforestación puede conducir a la toma de decisiones con la mirada puesta en las causas de fondo; en consecuencia, a la adopción de acciones y medidas más efectivas para confrontar las múltiples crisis que se avecinan.

En suma, existe la necesidad de indagar mucho más sobre los alcances y las implicaciones del cambio climático en Santa Cruz. Tender puentes entre el clima, la agricultura y la deforestación requiere acercamientos de tipo multidisciplinario o interdisciplinario. Al tiempo que tiene relevancia el procesamiento de datos y la exposición de los reportes, los resultados de investigación requerirán interpretaciones ampliadas que no dependan excesivamente o únicamente de mediciones cuantitativas o modelos agroclimáticos basados en estadísticas o información cuantitativa con las limitaciones que hemos señalado.

Objetivos

Identificar el cambio del clima de Santa Cruz y sus conexiones con la agricultura que crece a expensas de los bosques, prestando atención multidisciplinaria a los nexos y tendencias, en el lapso de las últimas cuatro décadas (1981-2020) y las cuatro próximas (2021-2060).

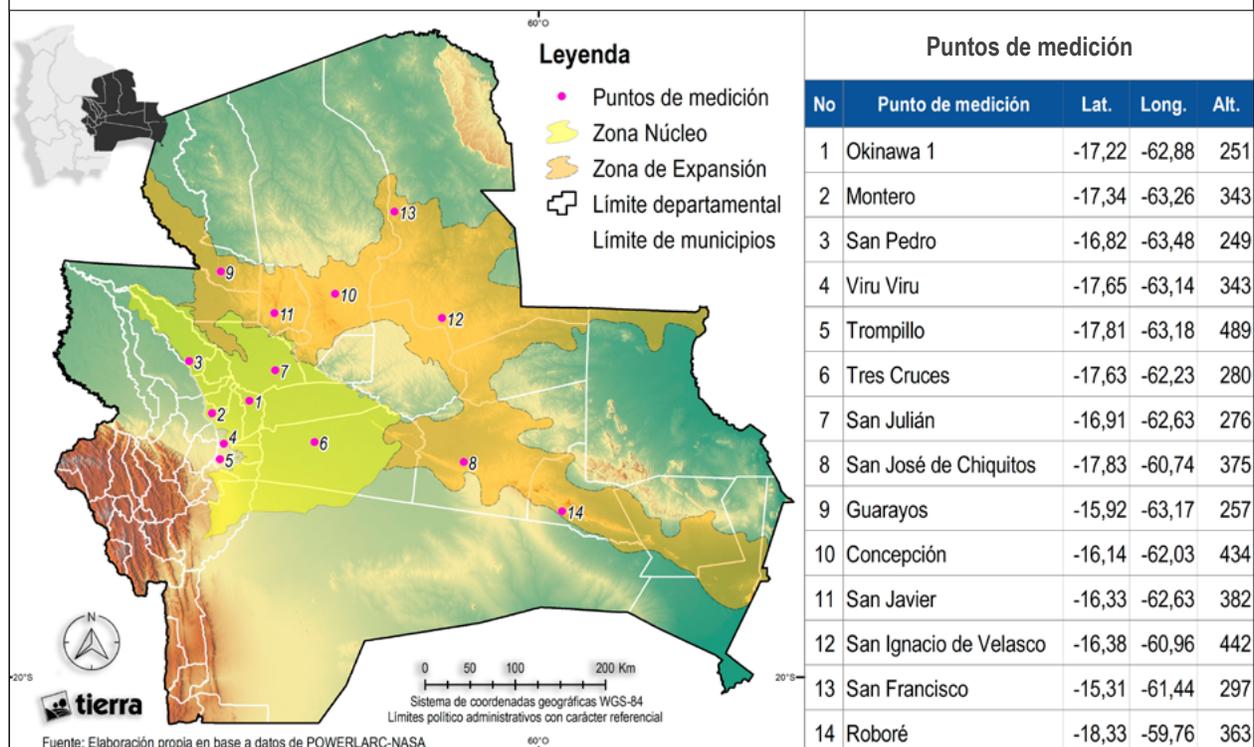
Preguntas de investigación

- ¿Cuál es el comportamiento del clima en las cuatro décadas anteriores y cuáles son las proyecciones hacia el año 2060?
- ¿Qué diferencias climáticas existen entre áreas de agricultura mecanizada y áreas boscosas sin o con baja intervención humana?
- ¿Cuál ha sido el comportamiento de la agricultura y la deforestación?
- Desde una valoración multidisciplinaria, ¿cuáles son los nexos y las interdependencias entre las variables climáticas, agrícolas y forestales?

Metodología

La unidad de análisis es el cambio del clima en espacios de solapamiento entre la agricultura mecanizada y la deforestación en el departamento de Santa Cruz. El área que tiene estas características es la denominada “zona agroindustrial” de la parte central, el noroeste, el este del departamento y las franjas de expansión de la frontera agrícola. Contempla un área referencial de 11 millones de hectáreas que engloba la mayor parte de tierras desmontadas y equivale aproximadamente al 30% del territorio departamental.

Mapa 1. Mapa referencial del área de estudio, zonas y puntos de medición



Se escogieron dos unidades de observación llamadas zona núcleo y zona de expansión (ver Mapa 1), que se diferencian entre sí por desmontes antiguos y de mayor magnitud en el primer caso y desmontes relativamente recientes y en ascenso en la segunda zona. Se seleccionaron 14 puntos de medición divididos por igual entre las dos zonas para la recolección de información climática.

El trabajo es de tipo longitudinal. Abarca los últimos 42 años (1981-2022), sobre todo para el análisis de las variables climatológicas y contiene proyecciones y escenarios futuros hasta el año 2060, de modo que contempla un periodo de tiempo de ocho décadas, donde la mitad (1981-2020) es una mirada retrospectiva y la otra mitad de tipo prospectivo (2021-2060).

Para la recolección de información, se ha privilegiado el enfoque de método combinado o mixto con el fin de analizar y combinar la información cuantitativa y cualitativa. Se conformó un equipo multidisciplinario con especialidades en sistemas de información geográfica y climática, economía agraria y estudios agroambientales. Aunque la información proviene, mayormente, de fuentes secundarias y bases de datos de plataformas internacionales dedicadas al cambio climático, también se recolectó información primaria mediante trabajo de campo, entrevistas a productores agropecuarios e informantes clave. El equipo de trabajo recorrió las zonas seleccionadas durante el segundo semestre de 2022 y el primer trimestre de 2023, explorando las áreas deforestadas, contactando a las organizaciones locales de pequeños productores y validando información con uso de drones.

Los datos sobre el clima provienen de la base de datos de *Prediction Of Worldwide Energy Resource* (POWER) de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) que proporciona datos históricos y proyecciones climáticas. También se utilizó información de *Langley Research Center* (LARC), uno de los centros de investigación que desarrolla y mantiene varias plataformas y del último informe o reporte (AR6) del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), una organización de referencia cuyo objetivo es proporcionar información objetiva y científica. Los datos actualizados de IPCC integran más de 30 modelos climáticos y se sustentan en varios estudios previos.

WorldClim es otra plataforma consultada para datos climáticos globales de alta resolución, que recopila y procesa información de diferentes fuentes, como estaciones meteorológicas terrestres, satélites y modelos climáticos globales. Las proyecciones futuras del departamento de Santa Cruz provienen de la base de datos del atlas del clima de *The Climate Change Knowledge Portal* (CCKP) del Banco Mundial que, a su vez, está basada en los recientes reportes y estadísticas del IPCC. Los datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia (SENAMHI) registran 11 estaciones meteorológicas en el departamento de Santa Cruz y debido a que no todas están activas, se consultaron solamente de forma referencial y complementaria.

Las principales variables climáticas y agroambientales se procesaron de la siguiente forma. Los datos de temperatura y precipitación para los 14 puntos de medición provienen del portal de datos POWER y POWER LARC, mismos que fueron procesados según las necesidades específicas de análisis y adoptando las definiciones y métodos de medición preestablecidos y estandarizados a nivel internacional por los desarrolladores citados. Para proyecciones y escenarios futuros se utilizaron las categorías y definiciones de IPCC, incluyendo los recientes esfuerzos de desarrollo de sistemas climáticos regionalizados; en este caso, la región del Monzón Sudamericano (SAM, por sus siglas en inglés). La información cuantitativa y la información geográfica sobre agricultura y deforestación se basan en varias fuentes especializadas como el Instituto Nacional de Estadística (INE), boletines informativos de los gremios agropecuarios de Santa Cruz, Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), Autoridad de Bosques y Tierra (ABT). Finalmente, el análisis cruzado de los datos agroambientales y geográficos, es el resultado del trabajo permanente de la unidad de monitoreo de recursos naturales de la Fundación TIERRA.

Estructura del contenido

Además de este apartado introductorio, esta publicación se divide en seis secciones centrales. La primera sección sitúa el escenario y el contexto del estudio, ofreciendo un repaso muy breve de los antecedentes, características agroclimáticas del departamento de Santa Cruz y los principales hitos de eventos climatológicos de las últimas cuatro décadas. La segunda sección está dedicada propiamente al cambio del clima por medio de la exposición de los principales resultados, cifras e interpretaciones sobre las variaciones de temperatura, precipitaciones, calendario agrícola y tendencias en el tiempo.

La tercera sección está dedicada a la agricultura mecanizada y a la deforestación de Santa Cruz. Expone las principales características del sector agropecuario, el crecimiento acelerado de la agricultura en las cuatro décadas, la expansión de la frontera agrícola, el auge de la soya como el principal cultivo y las proyecciones de cambio agrario. Destaca el proceso de expansión de los monocultivos desde la zona núcleo hacia las zonas de expansión del este, norte y noreste de Santa Cruz. Expone las relaciones estrechas con la deforestación mediante la presentación de información y datos sistematizados sobre los desmontes anuales en las últimas décadas. Muestra las relaciones existentes con la tenencia de la tierra y los distintos tipos de productores agropecuarios involucrados en los procesos de deforestación y dinámicas de cambio del uso del suelo.

La cuarta sección está concentrada en el análisis de las relaciones e interdependencias entre las tres principales variables de análisis: cambio de clima, agricultura y deforestación. Expone las relaciones de causa-efecto entre la agricultura y la deforestación, utilizando la información agroambiental de la sección precedente. Advierte sobre las retroalimentaciones amplificadoras de los efectos negativos que se producen cuando la sostenibilidad es un componente descuidado en las prácticas y políticas de crecimiento agrícola y manejo de los bosques. Mediante una valoración comparativa de variables climatológicas evidencia que los cambios climáticos tienen una relación estrecha con la deforestación y la baja resiliencia de las zonas con baja aptitud productiva.

La quinta sección presenta proyecciones y escenarios futuros elaborados hasta el año 2060. La intención es visualizar y caracterizar las posibles trayectorias de cambio en los próximos cuarenta años (2021-2060), a partir de cuatro variables de análisis: temperatura media, número de días con temperaturas máximas por encima de 40 °C, precipitación anual y días consecutivos de sequías. Para situar a Santa Cruz en un contexto más amplio, se toma como referencia geográfica la región del “Monzón Sudamericano” (SAM, por sus siglas en inglés) identificado por el reciente estudio de IPCC como parte de los esfuerzos para entender los sistemas climáticos a nivel de regiones.

Finalmente, la última sección está dedicada a las conclusiones. En esta parte se recapitulan y resumen los principales resultados del estudio, respondiendo así a las preguntas de investigación. El apartado final de recomendaciones se presentan algunas propuestas dirigidas, principalmente, a los responsables de la formulación de políticas agroambientales, tanto a nivel nacional, como a nivel departamental. Se hace un llamado a la población cruceña para que se involucre activa y participativamente en la búsqueda de respuestas para enfrentar los impactos adversos del cambio climático en Santa Cruz.



1. SANTA CRUZ: SITUANDO EL ESCENARIO



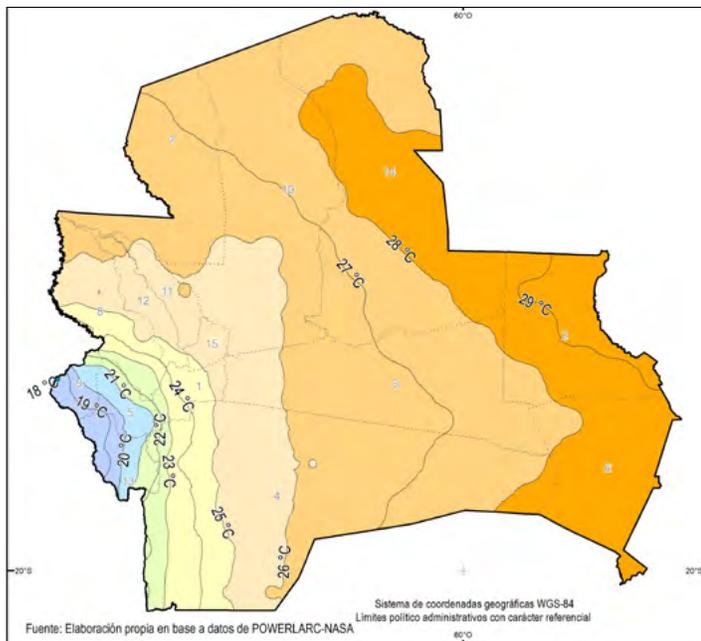
Características regionales

Analizar el clima del departamento de Santa Cruz supone hablar de una región relativamente uniforme. No obstante, esto no significa que la región carezca de diversidad geográfica o de fenómenos meteorológicos diferenciados. La porción mayoritaria del territorio cruceño está conformada por llanuras y bosques propios de la cuenca de Amazonas. Excepto el chaco cruceño situado al sur y el parque nacional de Amboró; el centro, norte y este del departamento están ubicados en latitudes netamente tropicales y con altitudes moderadas. La superficie total del departamento alcanza a 370.621 km² y los paisajes regionales más extensos son los siguientes: Chiquitania con 183.684 Km², Chaco con 90.342 Km², Beni con 35.497 Km², Amazónico con 31.688 Km², Boliviano-Tucumano con 14.828 Km², el Pantanal con 10.23 Km² y Yungas con 3.544 Km². (PLUS 2009).

El Parque Nacional Amboró cubre las zonas de mayor altitud y tiene un clima templado. Los valles cruceños pertenecen a esta zona y, debido a su accidentada topografía y altitud, no se constituye en una zona de interés para la agricultura de monocultivo que caracteriza a la mayor parte del departamento.

La llanura favorece al avance de los vientos que en invierno se traducen en irrupciones de corrientes de frío provenientes de la Antártida, los llamados "surazos" que ocasionan descensos bruscos de la temperatura. Existen dos estaciones diferenciadas: el verano cálido, con una temperatura promedio de 30 °C, y el invierno —en los meses de junio y julio— con temperaturas que suelen situarse por debajo de los 10 °C. Las áreas occidentales (pies de montaña) son las más húmedas, mientras que las áreas conexas a la frontera con Brasil son semisecos y secos.

Mapa 2. Temperatura y precipitación en el departamento de Santa Cruz



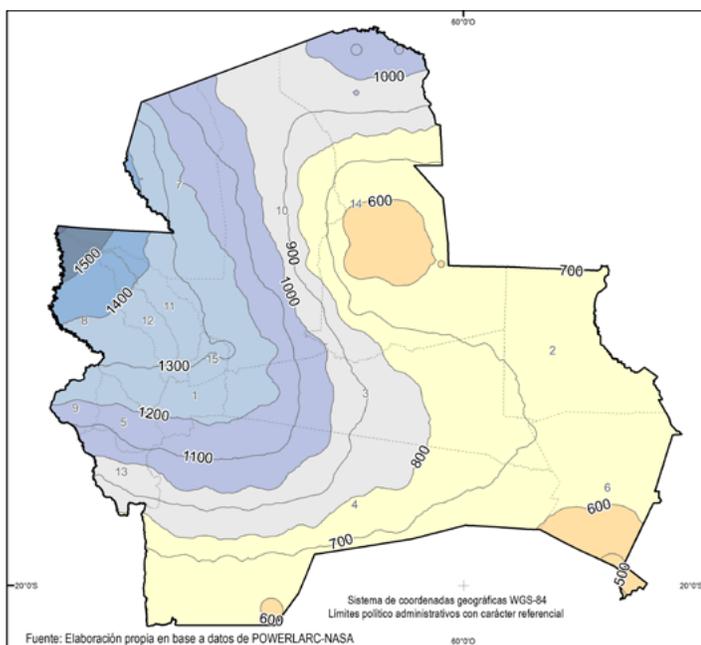
Temperatura media (°C)

- 28 - 29
- 26 - 27
- 25
- 23 - 24
- 21 - 22
- 20
- 18 - 19
- 17

— Límite de provincia
~ Temperatura °C

Provincias

- | |
|------------------------|
| 1. Andrés Ibáñez |
| 2. Ángel Sandoval |
| 3. Chiquitos |
| 4. Florida |
| 5. Germán Busch |
| 6. Guarayos |
| 7. Ichilo |
| 8. Manuel M. Caballero |
| 9. Ñuño de Chaves |
| 10. Obispo Santisteban |
| 11. Sara |
| 12. Valle Grande |
| 13. Velasco |
| 14. Warnes |



Precipitación media 2020 (mm)

- 500 - 600
- 601 - 800
- 801 - 1.000
- 1.001 - 1.200
- 1.201 - 1.400
- 1.401 - 1.500
- 1.501 - 1.600
- 1.601 - 1.635

~ Precipitación (mm)
— Límite de provincia

Antecedentes agrarios

Santa Cruz es el escenario de las mayores transformaciones de Bolivia. La importancia económica, social y política que tiene en la actualidad comenzó con la ampliación acelerada del sector agropecuario en los últimos 40 años. Esto significa que el protagonismo cruceño está estrechamente conectado con las dinámicas del sector agrario, cambios del uso del suelo, sustitución de los bosques por cultivos comerciales, crecimiento demográfico en áreas urbanas y rurales, entre otros.

El potencial agrícola y ganadero de Santa Cruz fue identificado en 1942 con el llamado Plan Bohan. Este proyecto de desarrollo —elaborado por una misión estadounidense— influyó decisivamente en las políticas nacionales de la segunda mitad del siglo XX, sobre todo para la construcción de la carretera del eje troncal y la promoción de la agricultura en la región del oriente. El clima tropical y el suelo fértil entre el río Piraí y el río Grande favorecían los planes y proyectos de producción diversificada, tanto para el mercado interno como para la exportación (Colque, 2014). Sin embargo, el desarrollo agropecuario del oriente no despegó del todo hasta finales de los años 80. En los 70 se implementaron varios proyectos de producción de caña de azúcar y algodón, pero con resultados poco convincentes. Recién a inicios de los 90, el agro cruceño arrancó de forma decisiva mediante la implementación del proyecto “Las Tierras Bajas del Este” del Banco Mundial y la adopción de cultivos de soya genéticamente modificada (GM).

La soya adaptada para zonas tropicales llegó a Bolivia desde Brasil y Argentina. Para el año 1950, el departamento de Santa Cruz tenía solamente 58.242 hectáreas de tierras cultivadas, y creció paulatinamente hasta llegar a 297.255 hectáreas para el año 1984. El cambio drástico quedó registrado en el censo agropecuario del año 2013, cuando se contabilizaron 1.677.251 hectáreas cultivadas (INE, 2015). Entre 1984 y 2013, la superficie cultivada se multiplicó por un factor de 5,6. Este cambio pone en evidencia la transformación drástica del sector agrícola y el alto impacto que tuvo la soya como el cultivo decisivo. A partir de entonces, Santa Cruz se convirtió en la principal región de la agricultura boliviana.

La transformación cruceña también está influenciada por cambios demográficos y movimientos migratorios desde las tierras altas. La Reforma Agraria de 1953 alentó la creación de núcleos rurales de colonización para los campesinos pobres de la zona andina. Aunque la creación de nuevas comunidades campesinas respondía a la política gubernamental de dotación de tierras fiscales, también tenía como propósito estructural la formación de una masa de trabajadores rurales para el desarrollo de la agricultura comercial a mediana y gran escala (Urioste, 2003). Las colonias de Pailón, San Julián, Yapacaní y Cuatro Cañadas fueron fundadas en zonas estratégicas para la agricultura comercial, donde los campesinos se establecieron sobre la base de la agricultura diversificada a pequeña escala. Sin embargo, con el auge de la soya de exportación, acabaron adoptando el modelo de monocultivos, al igual que las medianas y grandes propiedades. Con el tiempo, las colonias campesinas se expandieron hacia nuevas áreas cruceñas a lo largo de las brechas de penetración de la frontera agrícola, junto con otros actores sectoriales como las empresas agropecuarias, las colonias menonitas y los asentamientos de comunidades interculturales en la última década.



CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE SANTA CRUZ

Nº	Características	Cifras	Anotaciones
1	Superficie departamental	370.621 (Km ²)	Es considerado el departamento más extenso. Ocupa el 33,74% del territorio boliviano. Tiene 15 provincias y 56 municipios.
2	Altitud media	400 m.s.n.m	
3	Clima	23-26 °C temperatura media anual	Clima tropical de sabana o clima tropical húmedo-seco
4	Población total	3.425,399 habitantes (2022)	Elaborado con base en componentes demográficos y proyecciones para 2022, según datos del INE.
5	Tasa de crecimiento poblacional	1,83% (Revisión 2020)	Con respecto al periodo 2021 con base a proyecciones,
6	Población pobre	25%	Dato extraído para el periodo 2021, basado en proyección de la Población con Revisión 2020
7	Producto Interno Bruto (PIB) Departamental	\$ 12.157.728 (2021p)	Expresado en miles de dólares, según datos del INE
8	PIB sector agropecuario	\$ 2.324.780 (2021p)	Incluye agricultura, sivicultura , caza y pesca
9	Tierras cultivadas	3.010.623 ha (2022)	
10	Deforestación acumulada	642.000 ha (hasta 1980)	6,8 millones de ha, entre 1981-2020

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2022), Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA) y Fundación TIERRA, 2020.

Antecedentes forestales

La agricultura basada en la roza y quema del bosque ha sido una práctica tradicional en Santa Cruz, al igual que en muchas sociedades de las zonas tropicales y boscosas del mundo. Los desmontes fueron inevitables para la habilitación de tierras agrícolas y ganaderas debido a la presencia predominante de bosques naturales en las áreas de expansión agropecuaria. Hasta el año 1986, Santa Cruz tenía 29,8 millones de hectáreas de bosques y vegetación nativa, es decir, el 80% del total de su territorio departamental. Las áreas sin bosques o bosques poco densos estaban concentradas en el sur o la región del Chaco. Para esa época, los desmontes se realizaban mediante los sistemas tradicionales de tala y quema, consideradas como actividades sostenibles debido a las bajas

emisiones de dióxido de carbono (CO₂) o gases de efecto invernadero. Sin embargo, por la expansión agrícola, se produjo un cambio dramático en las últimas décadas, que rápidamente escaló e intensificó los desmontes. El aumento de la presión sobre la tierra con potencial agrícola provocó la eliminación de las prácticas de rotación de cultivos, barbecho, redujo los rendimientos y la biomasa.

Aunque hacia el año 1986, la superficie deforestada ya sumaba un millón de hectáreas (Maillard, Flores y Anívarro, 2020), las mayores pérdidas de bosques se produjeron en los años posteriores, llegando a un acumulado de 7,5 millones de hectáreas para el 2022. Se puede decir que la agricultura, entre finales de los 70 e inicios de los 80, creció sin provocar pérdidas significativas de bosques. En este periodo, la producción de arroz y caña de azúcar aumentó considerablemente, aunque con limitaciones estructurales debido a la rápida saturación del mercado interno y los altos costos de transporte para la exportación. Los dos proyectos importantes de colonización (zona de expansión y zona de colonización) dotaron de 50 hectáreas de tierras con cobertura boscosa a cada familia altoandina, pero el área efectivamente chaqueada era mínima. La “década perdida” de los 80 se vio marcada por acciones estatales ambiguas en el sector agrario y una alta inestabilidad de los precios agrícolas, que desalentó la expansión de los cultivos comerciales.

A partir de los años 90, las técnicas de tala y quema fueron paulatinamente reemplazadas por desmontes mecanizados. Se comenzó a utilizar tractores y quemas a mayor escala para la habilitación de nuevas zonas de cultivo. En los últimos cinco años (2018-2022), la deforestación ha seguido intensificándose, alcanzando un promedio anual de 232 mil hectáreas. Durante los dos últimos años (2021 y 2022), Bolivia pasó a ocupar el tercer lugar entre los países del mundo con mayores pérdidas de bosques, después de Brasil y Congo (Weisse, Goldman y Carter, 2023). Este indeseable protagonismo global de Bolivia se debe a los desmontes concentrados en el departamento de Santa Cruz. En la actualidad, el 85% de la deforestación de Bolivia tiene lugar en el territorio cruceño.

Hasta el año 2022, se estima que Santa Cruz ha perdido 7,5 millones hectáreas de bosques, de los 29,8 millones de hectáreas que tenía en 1986, lo que equivale a una disminución del 25% sobre el total departamental. En definitiva, la pérdida de bosques es un hecho de grandes dimensiones y parte inseparable de las transformaciones actuales de Santa Cruz.

Clima e hitos agroclimáticos

A nivel mundial, las últimas cuatro décadas (1980-2020) están marcadas por la aceleración del calentamiento global. En ese marco, los científicos del clima y los principales centros internacionales de investigación llegaron a un consenso científico: en los últimos 120 años (1900 - 2020) la temperatura media aumentó en 1,2 °C a nivel global y prácticamente el 70% de esta variación se produjo a partir de 1980 (IPCCC, 2023; NASA/GISS/GISTEMP, 2023; Lenssen, 2019). No existen dudas de que la incidencia de las últimas cuatro décadas ha sido mucho mayor con respecto a las décadas anteriores o al siglo XX.

A nivel de Santa Cruz, se han realizado diversas contribuciones al estudio del clima, sus interrelaciones con el uso del suelo y proyecciones de las tendencias futuras. Debido a la complejidad del tema, extensión territorial y limitaciones en cuanto a disponibilidad de datos, los estudios departamentales abordan distintos escenarios y casos regionalizados. Por ejemplo, el trabajo de Hinojosa et al (2021) analiza la situación de los municipios metropolitanos utilizando datos de la temperatura de superficie terrestre (LST, por sus siglas en inglés) desagregados entre diurnos y nocturnos. Su estudio concluye que la temperatura diurna en áreas urbanas es 2,4 °C mayor con respecto a las áreas boscosas y 1,1 °C en relación a las zonas agrícolas y ganaderas. Las diferencias son menores en la noche. Este análisis y otros similares amplían y reafirman las conclusiones de otros estudios que destacan, por ejemplo, la importancia de conservar y mantener los bosques para la regulación de la temperatura del suelo y el amortiguamiento de los impactos adversos del clima (Spickenbom, 2019).

Otro estudio es el de Maillard (2022), que llega a conclusiones parecidas para la región de Chiquitania. Al evaluar comparativamente 10 sitios, entre áreas deforestadas y forestadas en el periodo 2001-2021, encuentra una diferencia de 3,1 °C en cuanto a temperaturas diurnas, siendo más calurosas las zonas con desmontes. La focalización en datos diurnos visibiliza con mayor claridad las diferencias y los impactos climáticos a lo largo del tiempo y entre distintos espacios geográficos. Este estudio subraya que los bosques chiquitanos juegan un rol fundamental para la regulación del clima superficial y, en consecuencia, las recomendaciones apuntan a la protección de los ecosistemas, la preservación de las áreas protegidas, la preservación de los territorios indígenas y la gestión integral y sostenible de los recursos naturales.

Los centros de investigación Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN) y el Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA) llevaron a cabo una evaluación del estado actual de las regiones cruceñas de San Ignacio de Velasco y Guarayos. En el primer reporte, publicado en 2019, señalan que en las últimas cuatro décadas la temperatura promedio se ha incrementado en 0,6 °C y la precipitación ha disminuido un 17% (Quintanilla y Spickenbom, 2019). Para el año 2050, se estima un incremento de temperatura de 3,5 °C y una reducción adicional de la precipitación en 11%. El informe también evidencia que la estación seca se ha ampliado de 3,5 meses a 4,5 meses durante el periodo de 40 años evaluados. Las zonas más afectadas han sido identificadas al este y norte de la capital del municipio de San Ignacio de Velasco.

En cuanto a Ascensión de Guarayos, el estudio de CIPCA evaluó el periodo comprendido entre 1981-2018 (38 años), cuyas conclusiones complementan las de San Ignacio de Velasco. Durante ese lapso, la temperatura promedio se incrementó en 0,5 °C, mientras que la precipitación anual se redujo en 13% (Quintanilla y Spickenbom, 2019). La temperatura media, que oscila entre 23 °C y 26 °C, tiene un comportamiento al alza, mientras que la precipitación continúa disminuyendo con el paso de los años. Los pronósticos muestran que para el escenario de cambio climático al 2050 (RCP8.5),

la temperatura media anual incrementará un 3,4 °C y la precipitación reducirá un -34%, especialmente en la región sur del municipio de Guarayos.

Estos avances en la generación de conocimiento del cambio climático en la región de Santa Cruz son más confiables que los registros oficiales del Instituto Nacional de Estadística (INE) y los reportes incompletos de las estaciones meteorológicas. Para la ciudad de Santa Cruz, el INE tiene estadísticas desde 1990. La temperatura media de ese año quedó registrada en 24,1 °C y para el 2022 alcanzó 25,5 °C. Con base en estos registros se puede establecer que entre 1990 y 2022 la temperatura media habría aumentado en 1,3 °C, lo que representa un cambio considerable con respecto a los estudios citados anteriormente que, además, abarcan periodos más largos de tiempo. Una de las principales limitaciones que tienen esos datos es que los reportes del INE están basados en “datos observados” de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) que, si bien son de primera mano, son registros incompletos. Por eso, los datos oficiales deberían considerarse solamente como valores referenciales.

Para completar este panorama general, incluimos un resumen de los eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones, que han sido reportados y documentados desde 1980 hasta la actualidad:

- **1982-1983: Sequía en tierras altas.** Este es uno de los eventos extremos más conocidos que afectó gran parte del territorio boliviano, especialmente la zona andina. Cerca de un millón y medio de pobladores resultaron damnificados en Potosí, Oruro y La Paz, con pérdidas que oscilaron entre el 50% al 90% de los cultivos de las familias campesinas (OPS 2010). Aunque este evento climatológico no afectó significativamente a Santa Cruz, posteriormente aceleró la migración de la población rural de las tierras altas hacia las ciudades de Bolivia y a zonas de colonización de la región cruceña. El evento climatológico se debió al fenómeno de El Niño (ENOS), que provocó fuertes tormentas de lluvia en la cordillera de Los Andes y corrientes de vientos y lluvias provenientes de las costas de Perú.

Posteriormente, esto impidió el desplazamiento normal hacia el oeste del aire húmedo procedente de Brasil. Esta sería la explicación de las prolongadas inundaciones en el oriente del país y las severas sequías en el altiplano.

- **1997-1998: Sequía por el fenómeno de El Niño.** Durante este periodo, se experimentó déficit de precipitación y distribución irregular de las lluvias en las zonas del altiplano y de los valles, lo que creó condiciones desfavorables para el desarrollo normal de los cultivos. En Santa Cruz, a pesar de algunas variaciones en la precipitación, el comportamiento de las lluvias fue considerado como normal, al igual que los rendimientos agrícolas. Las precipitaciones entre septiembre de 1997 y mayo de 1998 tuvieron un comportamiento cercano a los promedios, con 89 días de lluvia y 1012 mm de caída de agua. Las temperaturas presentaron incrementos promedios de 3 °C respecto de la media, lo que aumentó la humedad ambiental y creó un clima propicio para la aparición de plagas y enfermedades (OPS 2000).
- **2006-2007: Inundaciones en tierras bajas.** Este evento afectó principalmente a la ciudad de Trinidad-Beni y varias localidades de Santa Cruz y fue evaluado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL (2007). Sus principales conclusiones sobre las causas fueron las siguientes: i) las migraciones internas hacia tierras bajas sin planificación de los asentamientos y efectos ambientales, ii) el deterioro ambiental asociado a la deforestación, deterioro de cuencas, cobertura vegetal y otros relacionados, iii) dependencia creciente de actividades agropecuarias que alteran ecosistemas y equilibrios ambientales a nivel local y regional.
- **2010: Inundaciones con declaratoria de emergencia.** A principios de ese año, Defensa Civil (DC) reportó que existían ocho departamentos afectados por inundaciones, sumando 15.974 familias afectadas, siete fallecidos y tres desaparecidos (OPS 2010). Las crecidas de los ríos Grande de Santa Cruz e Ichilo de Cochabamba afectaron severamente la región central de Beni. Altas

autoridades regionales de Santa Cruz informaron sobre comunidades y municipios afectados y aislados en Santa Rosa del Sara, Yapacaní, El Torno, Warnes, Okinawa y Santa Rosa.

- **2013-2014: Múltiples eventos.** Desde octubre de 2013 hasta mayo de 2014, Bolivia enfrentó inundaciones, riadas, granizadas, desbordes de ríos, deslizamientos y heladas, provocadas por variaciones climáticas extremas. Estos eventos afectaron a 129 municipios de La Paz, Cochabamba, Potosí, Santa Cruz, Chuquisaca, Beni y Pando, y 82 mil familias resultaron damnificadas. En respuesta, el Gobierno Nacional emitió la Declaratoria de Emergencia a nivel nacional y elaboró el Plan de Recuperación y Prevención, denominado “Plan Patujú” (Delgadillo y Lazo, 2015).
- **2016: Sequía.** Debido a reportes de afectaciones por el déficit hídrico en varios puntos del país, el Gobierno Nacional declaró situación de emergencia nacional para combatir los efectos climáticos adversos. La región del Chaco quedó severamente afectada por prolongadas ausencias de lluvias, causando pérdidas en la producción de alimentos y ganadería.
- **2021: Inundaciones.** Afectaron principalmente a las regiones del oriente boliviano, causando pérdidas humanas, materiales y afectación a la producción agrícola y ganadera. Los pequeños productores de oriente pidieron declaratoria de emergencia para acceder a fondos públicos de ayuda.

Desafíos regionales

La agricultura se ha convertido en el principal motor económico para el crecimiento de Santa Cruz. En la última década, el incremento de tierras cultivadas fue estimulado fuertemente por los altos precios de la soya y sus derivados en el mercado global. En consecuencia, la agricultura cruceña acabó altamente concentrada en cultivos de soya y estrechamente

vinculada a la demanda internacional de los granos oleaginosos. El aumento de la dependencia de una agricultura poco diversificada y de mercados globales a menudo volátiles genera incertidumbres y riesgos potenciales para el futuro.

El principal costo ambiental de este motor económico es, indudablemente, la deforestación. Paralelamente al auge agrícola, los desmontes crecieron en la última década. Las hectáreas deforestadas se mantuvieron por encima de las hectáreas puestas en producción. Tradicionalmente, la ganadería extensiva ha sido una de las principales fuerzas detrás de las pérdidas de bosques. Las áreas desmontadas fueron convertidas en grandes potreros y pastizales donde, además, se practicaban quemas en época seca para el rebrote de las pasturas. Aunque esta ganadería y sus técnicas obsoletas siguen existiendo, los desmontes recientes están asociados en mayor medida con la agricultura sojera (Colque, 2014).

La consecuencia previsible de estos procesos en curso es el cambio del clima. Las preocupaciones crecen sobre la futura disponibilidad de agua para el consumo humano en el área metropolitana de Santa Cruz (MMAyA 2019). La desaparición de la laguna Concepción en San José de Chiquitos es un hecho concreto acontecido en los últimos años. Los productores agropecuarios experimentan cotidianamente las consecuencias negativas del cambio climático. Los medios de comunicación reportan permanentemente noticias relacionadas con inundaciones, sequías, registros de temperaturas extremas, conflictos por el acceso al agua y otros.

Sin embargo, encarar los desafíos climáticos no es una tarea fácil para Santa Cruz. La importancia económica de la agricultura fragmenta los intereses entre quienes desean preservar el actual modelo productivo y quienes están preocupados por las consecuencias climáticas y ambientales. Además, los bosques existentes y las áreas protegidas están sufriendo nuevas presiones que se intensifican con el crecimiento demográfico y la multiplicación descontrolada de miles de comunidades en áreas sensibles a la intervención humana. La disputa por el acceso y el control, directo e indirecto, de los beneficios económicos que genera la agricultura y la deforestación está imponiendo intereses cortoplacistas por encima de los intereses climáticos de mediano y largo plazo.



2. CAMBIO DEL CLIMA



El clima del departamento de Santa Cruz es tropical de sabana o clima tropical húmedo-seco. En el sistema de clasificación climática de Köppen, es un subtipo de clima tropical (Aw o AS) caracterizado por dos estaciones definidas: una húmeda, si la precipitación mensual es mayor a 60 mm; y una seca, si está por debajo. La temperatura máxima supera 30 °C en verano y los meses de invierno suele bajar hasta 10 °C o menos.

A continuación, exponemos los resultados referentes al cambio de clima en Santa Cruz, sobre la base de los 14 puntos de medición y las dos zonas identificadas para este trabajo: la zona núcleo y la zona de expansión. Ambas forman parte del territorio cruceño, donde la agricultura mecanizada ha ido expandiéndose y, en contraste, la presencia de bosques ha ido disminuyendo. La primera zona refleja, en cierta medida, las características climáticas más húmedas del oeste, mientras que la segunda es más representativa de los climas menos húmedos o secos que predominan en la Chiquitania.

Temperatura

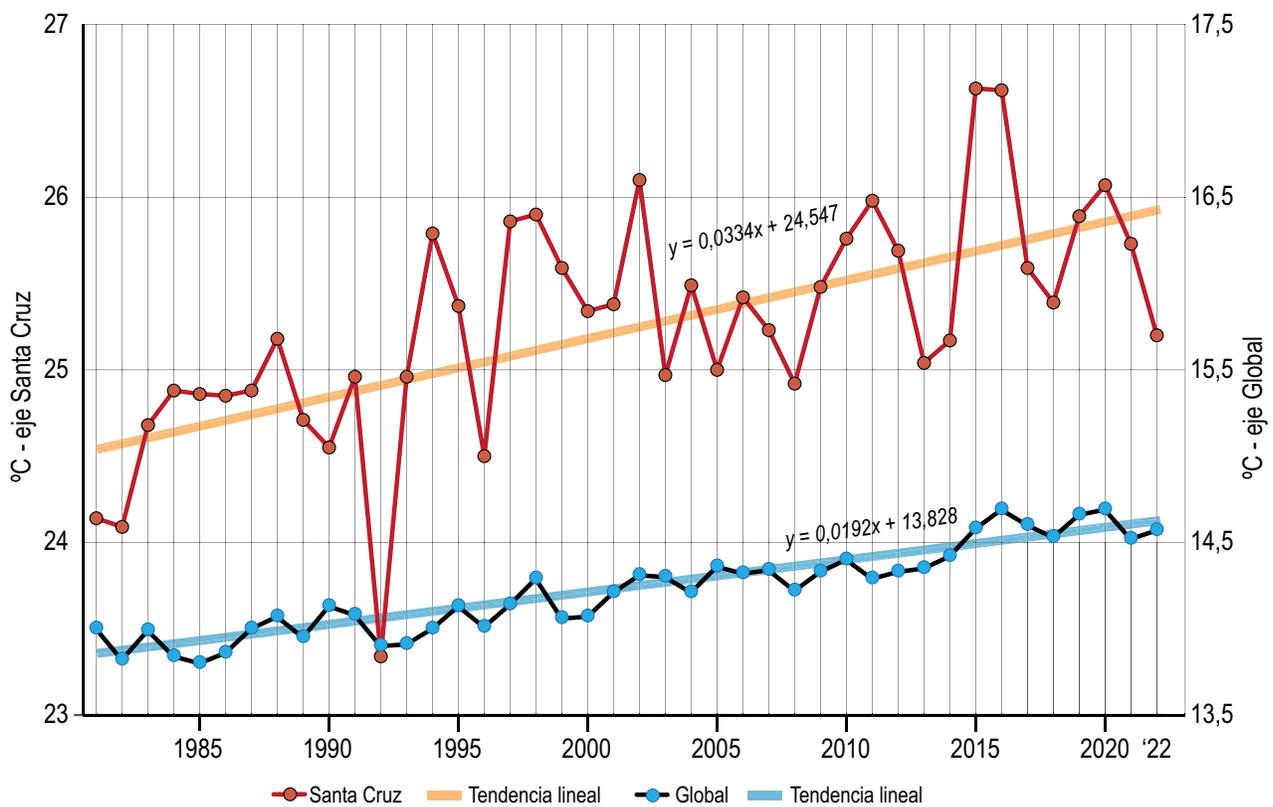
En el periodo 1981-2022 y de acuerdo con los 14 puntos de medición establecidos, se evidencia que el calentamiento en Santa Cruz alcanzó 1,1 °C, al comparar el promedio de la década de los 80 con el promedio de los últimos 12 años (2011-2022). Según los mismos periodos de tiempo y promedios comparativos, el calentamiento a nivel global aumentó en 0,6 °C (NASA/GISS/GISTEMP 2023, IPCC 2023), lo que significa que la cifra de Santa Cruz es 83% superior con respecto al calentamiento del planeta. Ampliando a 30 puntos de medición en la parte central del departamento¹, los resultados son bastantes similares ya que muestran que en las últimas cuatro décadas, la temperatura aumentó en 0,9 °C.

A este ritmo, Santa Cruz podría alcanzar el escenario crítico de 1,5 °C de incremento hacia el año 2035, es decir, en unos 12 años. Recordemos que a

¹ Los datos para 30 puntos de medición son promedios calculados con reportes de POWER DAVE (2023) para un área aproximada de 8,6 millones de hectáreas de la región central del departamento y para el periodo 1984-2000. Estas cifras no se utilizaron en la redacción, pero fueron tomadas en cuenta como referenciales para el control de los resultados. <https://power.larc.nasa.gov/beta/data-access-viewer/>

nivel global, el escenario de 1,5 °C hasta el año 2100 es considerado como el límite máximo para evitar las peores consecuencias sobre los ecosistemas, la biodiversidad y la subsistencia de las personas.

GRÁFICO 1. VARIACIÓN DE TEMPERATURA ANUAL
A nivel global y Santa Cruz, 1981-2022 (en °C)



Fuente: Elaboración propia con datos de temperatura obtenidos de POWER LARC-NASA.

También se observa que los tres años más calurosos fueron el 2016, con un promedio anual de 26,6 °C; el 2015, también con 26,6 °C; y el 2020, con 26,1 °C. Nótese que los años más calurosos se registraron en los últimos 12 años. En contraste, la temperatura más baja se registró el año 1992, con un promedio anual de 23,3 °C, es decir, hace 30 años. Desde entonces, los promedios anuales se han mantenido por encima de 24,5 °C.

Estas observaciones sugieren que aumenta la probabilidad de años más calurosos y olas de calor más frecuentes.

La desagregación de los datos reportados por los 14 puntos de medición, según las dos zonas de análisis, permite identificar algunas particularidades de las dinámicas regionales (Cuadro 2).

En la zona núcleo, se evidencia que el calentamiento llega a $0,9^{\circ}\text{C}$, al comparar los promedios decenales. Utilizamos los promedios decenales porque son más significativos que los anuales para capturar las tendencias de mediano y largo plazo. La tendencia a la subida de temperatura es generalizada y notoriamente pronunciada en las áreas con mayor presencia de campos de monocultivos habilitados a expensas de los bosques.

En dos de los siete puntos de medición, el aumento de temperatura está por encima del promedio de $0,9^{\circ}\text{C}$: Tres Cruces y San Julián. Estas áreas están situadas en el corazón mismo de la agricultura mecanizada, mientras que los puntos de medición con promedios menores están en San Pedro y Trompillo. Otros tres puntos coinciden con el promedio de la zona núcleo (Okinawa, Montero y Viru Viru). Estas diferencias sugieren que el oeste de la zona núcleo presenta cambios relativamente más bajos que en la parte central, como Tres Cruces, excepto las sub-zonas con temprana intervención agrícola, como Okinawa o Montero.

En cualquier caso, todos los puntos de medición reportan incrementos acumulativos y crecientes a lo largo de los cuatro periodos decenales.

En la zona de expansión, el aumento de la temperatura alcanza $1,2^{\circ}\text{C}$ en el mismo periodo, superando el registro de $0,9^{\circ}\text{C}$ de la primera zona. El aumento de temperatura es un fenómeno generalizado y sin retrocesos en los siete puntos de medición. En términos porcentuales, es 33% mayor con respecto a la zona núcleo. Aunque la diferencia no es demasiada e incluso podría estar dentro de los rangos de error estadístico, lo llamativo es que la mayoría de los puntos de medición reporta aumentos por encima de 1°C .

CUADRO 2. SANTA CRUZ: TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL

Por periodos y según zonas y puntos de medición, 1981-2022

Zona Puntos de medición		Periodos					Regresión lineal			
		1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2011 - 2022	Cambio Absoluto	Promedio 1981-2022	Desviación estandar	Tendencia decenal	R ²
Zona Núcleo	Okinawa	25,0	25,5	25,6	25,9	1,0	25,5	0,4	0,3	0,96
	Montero	24,4	24,9	25,0	25,3	0,9	24,9	0,4	0,9	0,92
	San Pedro	25,2	25,6	25,8	25,9	0,7	25,6	0,3	0,2	0,90
	Viru Viru	24,4	24,9	25,0	25,3	0,9	24,9	0,4	0,3	0,92
	Trompillo	23,7	24,3	24,4	24,6	0,9	24,2	0,4	0,3	0,86
	Tres Cruces	24,7	25,2	25,4	25,8	1,1	25,3	0,5	0,3	0,94
	San Julián	24,9	25,3	25,5	25,9	1,1	25,4	0,5	0,3	0,98
Promedio Zona Núcleo		24,6	25,1	25,2	25,5	0,9	25,1	0,4	0,3	0,94
Zona de Expansión	San José de Chiquitos	25,1	25,5	25,6	26,0	0,9	25,6	0,4	0,3	0,95
	Guarayos	25,4	25,5	25,9	26,2	0,8	25,7	0,4	0,3	0,96
	Concepción	24,2	24,7	25,0	25,6	1,4	24,9	0,6	0,4	0,99
	San Javier	24,4	24,8	25,1	25,5	1,1	25,0	0,5	0,3	1,00
	San Ignacio Velasco	24,4	25,0	25,2	25,9	1,5	25,2	0,6	0,5	0,97
	San Francisco	25,1	25,7	26,2	26,8	1,7	26,0	0,7	0,6	1,00
	Roboré	24,9	25,3	25,5	25,9	1,1	25,4	0,5	0,3	0,98
Promedio Zona de Expansión		24,8	25,2	25,5	26,0	1,2	25,4	0,5	0,4	0,99
Promedio General		24,7	25,2	25,4	25,8	1,1	25,3	0,4	0,3	0,98

Fuente: Elaboración propia con datos de temperatura obtenidos de POWER LARC-NASA.

Dos puntos de medición presentan cambios por debajo del valor promedio de la zona de expansión: Guarayos y San José de Chiquitos. Los valores más altos están en San Francisco, San Ignacio de Velasco y Concepción. En parte, una explicación es que los puntos con valores altos tienen un solapamiento significativo con el avance de la deforestación. Guarayos también tiene una agresiva penetración de los desmontes, pero posee un ecosistema influenciado favorablemente por el río San Pablo. En San José de Chiquitos, los desmontes se masificaron en los últimos años, lo que probablemente no esté reflejado del todo en los datos expuestos.

Comparando ambas zonas, se pueden extraer las siguientes anotaciones:

- El aumento de la temperatura es generalizado y tiene una trayectoria con tendencia creciente en las dos zonas y en los 14 puntos de medición. Tiene un ritmo más acelerado en la zona de expansión con respecto a la zona núcleo.
- Los tres años más calurosos se presentaron en los últimos 12 años.
- La zona núcleo acumuló un aumento de temperatura menor con respecto a la zona de expansión en los últimos 42 años. Este dato sugiere que el bosque seco Chiquitano es más vulnerable ante el avance de las intervenciones humanas (agricultura y deforestación)
- En ese lapso, las diferencias de temperatura aumentaron entre ambas zonas, marcando un ritmo de calentamiento más acelerado en la zona de expansión.

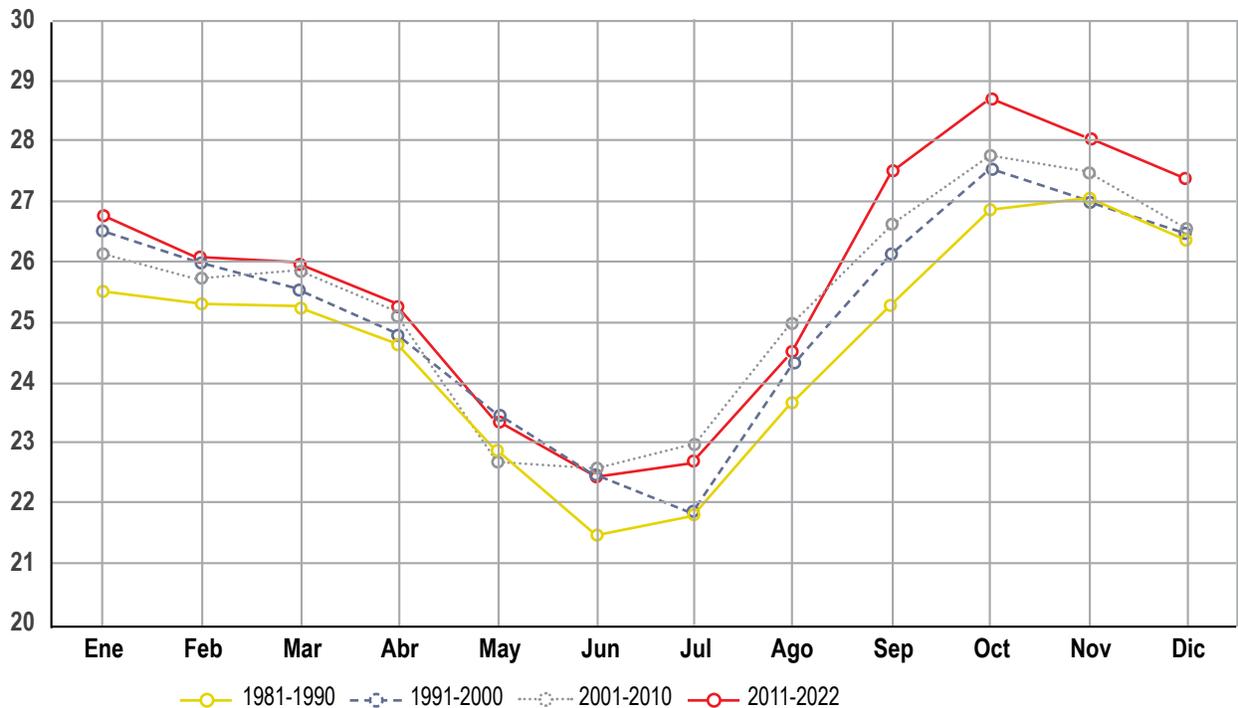
Variación mensual de temperatura

Entre 1981 y 2022, el aumento del calentamiento de Santa Cruz se produjo a lo largo de los 12 meses del año. Entre la primera y la última década, se evidencia un incremento de la temperatura en todos los meses del año, aunque existen altibajos en los periodos intermedios, especialmente en los meses de la mitad del año. Los reportes muestran que el mayor aumento se presenta en el mes de septiembre con una diferencia de $+2,2$ °C, seguido por octubre con $+1,8$ °C y enero, con $+1,2$ °C. Los incrementos menores se observan en los meses de mayo y abril.

El calentamiento del mes de septiembre mayormente se explica por los cambios en los años 90 y en los últimos 12 años (2011-2012). Esta es la tendencia en la mayoría de los meses y, prácticamente, todos los cambios son ascendentes con respecto al periodo inicial de referencia. La excepción más notoria es la reducción de la temperatura en el mes de mayo durante la primera década del siglo actual ($-0,7$ °C), lo que precisamente explica que acabe siendo el mes con menor incremento de temperatura.

GRÁFICO 2. SANTA CRUZ: TEMPERATURA PROMEDIO

Por meses y periodos, 1981-2022



Fuente: Elaboración propia con datos de temperatura obtenidos de POWER LARC-NASA.

En la zona núcleo y durante la década de los 80, la temperatura media de Santa Cruz oscilaba entre un mínimo de 21 °C (junio) y un máximo de 27,4 °C (noviembre), marcando un rango de oscilación de 6,4 °C. Para los últimos 12 años (2011-2022), la marca mínima quedó registrada en 21,9 °C (junio) y la máxima en 28,6 °C (octubre), lo que representa un aumento de la oscilación hasta 6,7 °C. La tendencia al alza es un común denominador en todos los casos y a lo largo de los 42 años analizados.

La ampliación de la brecha entre los mínimos y los máximos no es significativa, pero es otra señal más de la mayor presencia de eventos climáticos extremos. Usualmente, las oscilaciones de temperaturas están relacionadas con precipitaciones irregulares y frentes de frío durante las estaciones de invierno.

En la misma zona, los mayores incrementos se presentaron en los meses de septiembre (2 °C), octubre (1,8 °C) y enero (1,2 °C), lo que queda reflejado en el promedio general. En contraste, los menores incrementos están en los meses de mayo (0,2 °C), marzo (0,6 °C) y abril (0,6 °C), meses que coinciden con la época fría.

CUADRO 3. SANTA CRUZ: TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL

Según zonas y periodos, 1981-2022

Década		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
Zona Núcleo	1981-1990	25,8	25,5	25,5	24,6	22,7	21,0	21,2	23,1	24,9	26,8	27,4	26,6	24,6
	1991-2000	26,8	26,2	25,7	24,9	23,4	22,2	21,4	23,9	25,8	27,3	27,1	26,6	25,1
	2001-2010	26,3	25,9	25,9	25,1	22,4	22,2	22,5	24,6	26,3	27,6	27,6	26,7	25,2
	2011-2022	26,9	26,2	26,1	25,2	23,0	21,8	21,9	23,8	26,9	28,6	28,1	27,6	25,5
Promedio mensual		26,5	25,9	25,8	25,0	22,9	21,8	21,8	23,8	26,0	27,6	27,6	26,9	25,1
Desviación estándar		0,49	0,32	0,23	0,26	0,40	0,58	0,56	0,59	0,86	0,76	0,41	0,48	0,39
Cambio absoluto		1,06	0,64	0,53	0,60	0,26	0,86	0,72	0,66	2,02	1,80	0,74	1,01	0,93
Zona de Expansión	1981-1990	25,5	25,1	25,0	24,6	23,0	22,0	22,4	24,3	25,7	26,9	26,7	26,2	24,8
	1991-2000	26,2	25,7	25,4	24,7	23,6	22,6	22,3	24,7	26,5	27,7	26,8	26,3	25,2
	2001-2010	26,0	25,6	25,8	25,2	23,0	23,0	23,5	25,5	26,8	27,9	27,4	26,4	25,5
	2011-2022	26,6	25,9	26,0	25,4	23,7	23,0	23,4	25,2	28,1	28,8	28,0	27,2	25,9
Promedio mensual		26,1	25,6	25,6	25,0	23,3	22,7	22,9	24,9	26,8	27,9	27,3	26,5	25,4
Desviación estándar		0,48	0,35	0,43	0,38	0,36	0,49	0,64	0,53	1,01	0,75	0,59	0,45	0,49
Cambio absoluto		1,15	0,83	0,96	0,77	0,65	1,04	1,01	0,94	2,43	1,84	1,28	1,00	1,16

Fuente: Elaboración propia con datos de temperatura obtenidos de POWER LARC-NASA.

En la zona de expansión, el comportamiento es muy similar al anterior. Con el tiempo, el aumento de temperatura se acentuó a lo largo de los 12 meses del año. Los aumentos mayores se presentan en los meses de septiembre (2,4 °C), octubre (1,8 °C) y noviembre (1,3 °C).

Son tres meses consecutivos con temperaturas medias que aumentaron por encima de 1,3 °C y superaron los 2 °C en el mes de septiembre. Entre los cambios menores tenemos los meses de mayo (0,6 °C), abril (0,8 °C) y febrero (0,8 °C).

Comparando las dos zonas, destaca la mayor severidad del calentamiento en la zona de expansión que, además, se concentra en los meses de menor precipitación. La zona de expansión, además de sufrir una mayor elevación de temperatura, está expuesta a un impacto negativo mayor debido a que los tres meses más calurosos son consecutivos: septiembre, octubre y noviembre.

Una conclusión preliminar es que el calentamiento es más severo en los meses más secos del año (septiembre-noviembre) y en la zona de expansión. La zona núcleo también está expuesta a cambios negativos, pero algo menores. Con los años, las tendencias son irreversibles, los aumentos son progresivos y se aceleran en la última década.

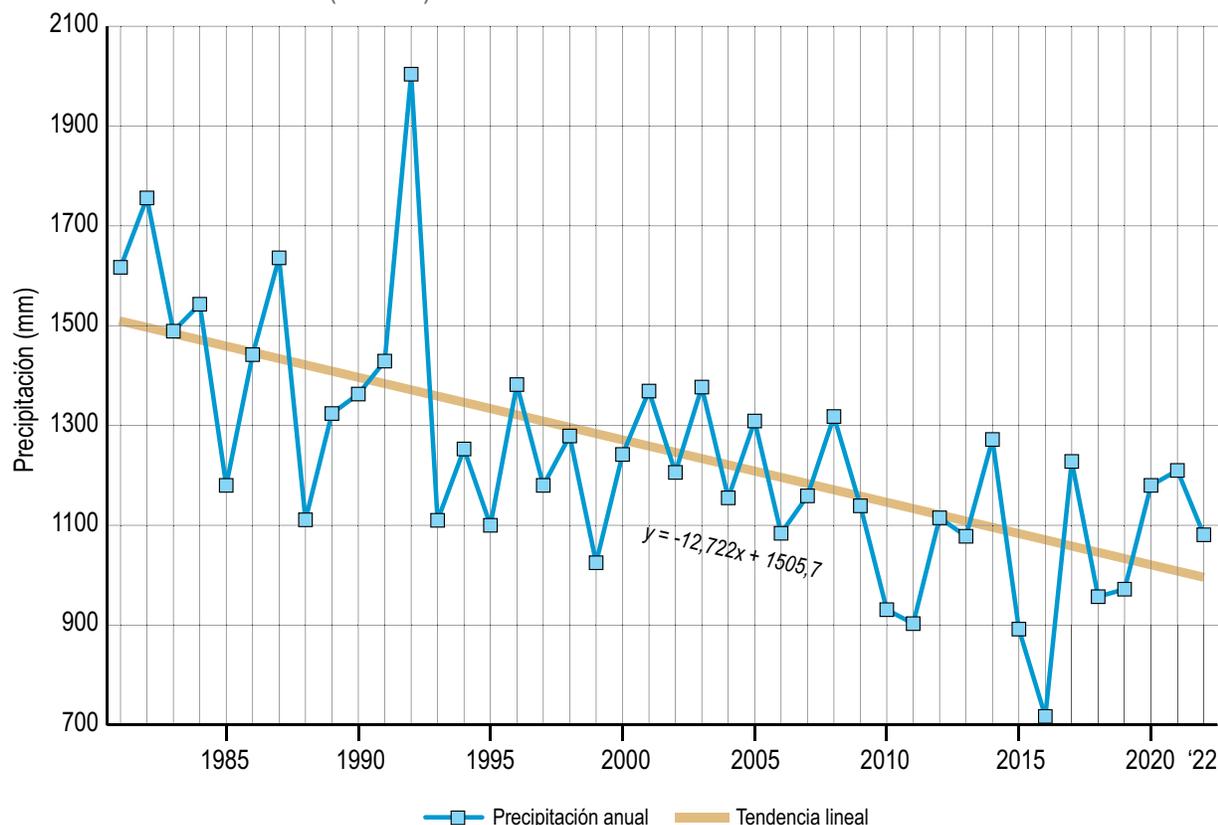
Precipitación

En el periodo de 42 años (1981-2022) la precipitación anual disminuyó en 27% en Santa Cruz, comparando el promedio del periodo 2011-2022 con el promedio de la década de 1980. La tendencia negativa se observa a lo largo de las cuatro décadas, de forma generalizada en los 14 puntos de medición. En la década de los 90 la precipitación cayó en 13% con respecto a la anterior, en la siguiente década en 5% y en los últimos doce años en 11%. En Santa Cruz, llueve menos a medida que pasa el tiempo.

Si se observa el siguiente gráfico, la precipitación anual bajó de 1.446 mm a 1.054 mm, comparando el promedio de la década de los 80 y el periodo 2011-2022. La diferencia entre ambos registros es de -392 mm. Esto significa que cada diez años, se pierde en promedio -100 mm. La principal disminución se produjo en el último periodo (2011-2012) al haberse registrado una caída del -12% con respecto a la década anterior (2001-2010).

GRÁFICO 3. SANTA CRUZ: PRECIPITACIÓN ANUAL

1981-2022 (en mm)



Fuente: Elaboración propia con datos de precipitación obtenidos de POWER LARC-NASA.

En la zona núcleo, la precipitación varió -400 mm entre el primer y último periodo de comparación. Está apenas por encima del promedio general de -392 mm. En términos porcentuales, la disminución es de -26% en las cuatro décadas. La década de los 90 tiene mayor incidencia, con una reducción de -195 mm con respecto al periodo anterior, seguido por -61 mm y -143 mm, respectivamente. En suma, la precipitación anual varió de 1.521 mm en los años 80 a 1.122 mm, según la media de los últimos 12 años.

En todo el periodo, Okinawa y San Julián inciden por encima del resto sobre el cambio de precipitación de la zona núcleo, aunque sin grandes diferencias con Montero, la propia ciudad de Santa Cruz o Viru Viru de Warnes.

Lo llamativo es que, en el último periodo, la tendencia negativa no es significativa en Trompillo y San Pedro. Estas áreas se caracterizan por pérdidas tempranas de bosques debido al avance de la agricultura y las manchas urbanas. En cualquier caso, es evidente que no se pueden extraer conclusiones confiables de periodos menores a 10 o 20 años, debido a las irregularidades en los patrones de comportamiento de las caídas de agua.

CUADRO 4. SANTA CRUZ: PRECIPITACIÓN ANUAL POR PERIODOS

Según zonas y puntos de medición, 1981-2022 (en mm)

Zona Puntos de medición		Periodos					Regresión lineal			
		1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2011 - 2022	Cambio Absoluto	Promedio 1981-2022	Desviación estandar	Tendencia (°C/decada)	R ²
Zona Núcleo	Okinawa	1.556	1.385	1.301	1.082	-474	1.319	171	-151	0,97
	Montero	1.558	1.338	1.300	1.163	-395	1.331	142	-122	0,93
	San Pedro	1.535	-343	1.244	1.147	-389	1.309	144	-126	0,97
	Viru Viru	1.558	1.338	1.300	1.153	-405	1.328	145	-125	0,93
	Trompillo	1.466	1.202	1.181	1.114	-352	1.235	134	-108	0,80
	Tres Cruces	1.492	1.334	1.278	1.107	-385	1.294	138	-121	0,97
	San Julián	1.485	1.344	1.251	1.086	-399	1.282	145	-129	0,99
Promedio Zona Núcleo		1.521	1.326	1.265	1.122	-400	1.300	144	-126	0,96
Zona Expansión	San José de Chiquitos	1.133	1.046	986	894	-239	1.015	87	-78	0,99
	Guarayos	1.417	1.457	1.274	1.159	-258	1.327	118	-95	0,82
	Concepción	1.397	1.318	1.140	941	-456	1.199	176	-155	0,97
	San Javier	1.453	1.348	1.198	1.075	-379	1.269	144	-129	1,00
	San Ignacio Velasco	1.292	1.113	1.032	813	-480	1.063	172	-152	0,97
	San Francisco	1.418	1.295	1.127	930	-488	1.193	183	-163	0,99
	Roboré	1.485	1.344	1.251	1.100	-385	1.295	140	-125	0,99
Promedio Zona Expansión		1.371	1.274	1.144	987	-383	1.194	144	-128	0,99
Promedio General		1.446	1.300	1.205	1.054	-392	1.247	143	-127	0,99
Tasa de cambio interperiodo			-10%	-7%	-12%					

Fuente: Elaboración propia con datos de precipitación obtenidos de POWER LARC-NASA.

En la zona de expansión, la precipitación anual transitó de 1.371 mm a 987 mm, lo que significa que disminuyó en -383 mm a lo largo de las cuatro décadas. En porcentajes, la disminución representa un -28%, siendo la mayor variación en comparación con los datos de la zona núcleo y el promedio general. Es importante tener en cuenta que en los años 80 ya tenía menor precipitación en comparación con la zona núcleo (1.371 mm vs. 1.521 mm), lo que significa que es una zona menos húmeda en relación a la otra. Actualmente, la zona de expansión tiene una precipitación anual por debajo de 1.000 mm.

De los siete puntos de medición, cuatro tienen precipitaciones anuales por debajo de 1.000 mm de acuerdo al promedio de los últimos 12 años: San Ignacio de Velasco (813 mm), San José de Chiquitos (930 mm), San Francisco (930 mm) y Concepción (941 mm). Guarayos, Roboré y San Javier se mantienen por encima de 1.000 mm anuales. Estos datos también muestran que la pérdida de precipitación es constante en el tiempo.

Los registros de la zona de expansión también sugieren la necesidad de tener evaluaciones específicas y de mayor alcance debido a que el comportamiento de las lluvias varía entre los diferentes puntos de medición seleccionados. Una de las razones de las variaciones es la deforestación en distintos grados, magnitud, intensidad y tiempo. También es importante diferenciar la Chiquitania de Guarayos y de otras áreas que tienen ecosistemas con mayor humedad, especialmente en las áreas de transición hacia la Amazonia.

Finalmente, es relevante señalar que el año 2016 fue el menos lluvioso con una precipitación anual acumulada de 717 mm, mientras que el año 1992 la precipitación alcanzó un máximo de 2.003 mm. Estos extremos varían en torno al 50% con respecto a la precipitación promedio.

Variación mensual de precipitación

Aunque la tendencia general se caracteriza por una menor precipitación mensual a lo largo de los 12 meses del año, el comportamiento no es uniforme entre las cuatro décadas. En referencia a los años 80, las caídas principales de los 90

están entre los meses abril y agosto, lo que se agrava en la primera década del presente siglo, además de sufrir similares cambios los meses de febrero y marzo. Los datos del último periodo (2011-2022) presentan cambios significativos con respecto a las anteriores dos décadas. Por un lado, la disminución de precipitación observada entre febrero y agosto se revierte parcialmente, aunque sigue por debajo de los registros del periodo base, excepto en el mes de junio. Por otro lado, los descensos en los meses lluviosos (octubre a marzo) son drásticos con respecto a los años y décadas anteriores. Los últimos 12 años se caracterizan por descensos generalizados de lluvia en los periodos húmedos y en menor grado en los meses secos y semi-secos.

Los meses de junio, julio y agosto son representativos de la estación seca, por lo que vale la pena prestar atención. Las pérdidas acumuladas solo representan -18 mm en los tres meses, debido a que la caída de julio es compensada por el aumento leve de junio y la menor reducción de agosto. Los meses con menores precipitaciones ciertamente reportan cambios menores, pero estos cambios tienen una mayor repercusión en comparación con los históricos mensuales. No es lo mismo una disminución de -50 mm en enero (mes lluvioso) que en agosto o septiembre.

En suma, la disminución de la precipitación anual se concentra en los meses diciembre, enero, febrero y marzo. El 62% de las pérdidas están explicadas por el comportamiento climático de estos cuatro meses. La alta variabilidad caracteriza los eventos lluviosos de los meses de la época seca.

En la zona núcleo, las mayores disminuciones están en los meses de diciembre, enero y marzo. Estos tres meses suman -205 mm, lo que representa el -52% con respecto al total de pérdidas en el periodo de 42 años. En cambio, junio y agosto se ubican en el otro extremo. Juntos, acumulan un incremento de 13 mm, explicado por los aumentos leves de precipitaciones en los últimos 12 años (2011-2022).

La zona de expansión presenta reducciones constantes de lluvias, sin periodos o meses de recuperación, y la situación empeora en los últimos tres a cuatro meses del año. En cuanto a este último punto, tiene un comportamiento similar

a la zona núcleo. Los 90 y la siguiente década tienen comportamientos erráticos, pero posteriormente se estabilizan hacia la menor precipitación en cada uno de los 12 meses. Comparativamente, las nuevas zonas sufren cambios más acelerados y similares a lo sucedido en la zona núcleo en los años posteriores a los 80.

CUADRO 5. SANTA CRUZ: PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL

Según zonas y periodos, 1981-2022 (en mm)

Zona	Puntos de medición	Periodos					Regresión lineal			
		1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2011 - 2022	Cambio Absoluto	Promedio 1981-2022	Desviación estándar	Tendencia (mm/periodo)	R ²
Zona Núcleo	Enero	220	181	193	154	-66	185	27,35	-18,60	0,77
	Febrero	165	171	180	131	-34	160	21,55	-9,29	0,31
	Marzo	167	148	131	106	-61	137	26,00	-20,07	0,99
	Abril	105	108	95	94	-11	100	6,78	-4,41	0,70
	Mayo	124	67	66	86	-37	86	27,06	-11,35	0,29
	Junio	69	52	49	79	11	63	14,17	3,01	0,08
	Julio	75	36	29	43	-32	46	20,35	-10,13	0,41
	Agosto	52	37	29	54	2	44	12,35	-0,20	0,00
	Septiembre	64	93	51	51	-13	64	19,88	-8,14	0,27
	Octubre	109	95	122	72	-38	98	21,80	-8,64	0,26
	Noviembre	147	145	139	105	-42	133	19,39	-13,14	0,77
	Diciembre	225	194	180	145	-79	184	32,81	-25,11	0,98
Promedio Zona Núcleo		1.521	1.326	1.265	1.122	-400	1.300	165,80	-126,08	0,96
Zona de Expansión	Enero	220	188	184	149	-71	184	29,13	-21,76	0,93
	Febrero	180	181	162	138	-42	164	20,09	-14,37	0,87
	Marzo	171	156	134	102	-69	139	29,92	-22,86	0,97
	Abril	95	95	78	81	-14	87	8,95	-5,83	0,71
	Mayo	77	52	58	61	-16	62	10,70	-4,09	0,24
	Junio	38	45	29	45	7	39	7,90	0,47	0,01
	Julio	38	19	21	21	-17	24	9,06	-4,90	0,49
	Agosto	41	32	25	33	-8	32	6,70	-3,21	0,38
	Septiembre	58	86	44	34	-24	54	22,50	-11,33	0,44
	Octubre	101	92	105	75	-26	92	13,27	-6,34	0,98
	Noviembre	152	151	125	109	-43	133	21,11	-15,58	0,91
	Diciembre	202	178	180	140	-62	173	25,60	-18,28	0,85
Promedio Zona de Expansión		1.371	1.274	1.144	987	-383	1.184	166,25	-128,07	0,99
Promedio General		1.446	1.300	1.205	1.054	-392	1.242	164,60	-127,07	0,99
Tasa de cambio interperiodo			-10%	-7%	-12%					

Fuente: Elaboración propia con datos de precipitación obtenidos de POWER LARC-NASA.

Se puede generalizar señalando que en los primeros meses del año (enero-marzo) las disminuciones de lluvias no son tan drásticas (-180 mm) en comparación a los meses precedentes, entre octubre y diciembre (-130 mm). Esto sugiere que la estación húmeda se está acortando o que comienza con rezagos. La época seca empeoró en la primera década del presente siglo y se recuperó levemente desde el 2010 en adelante.

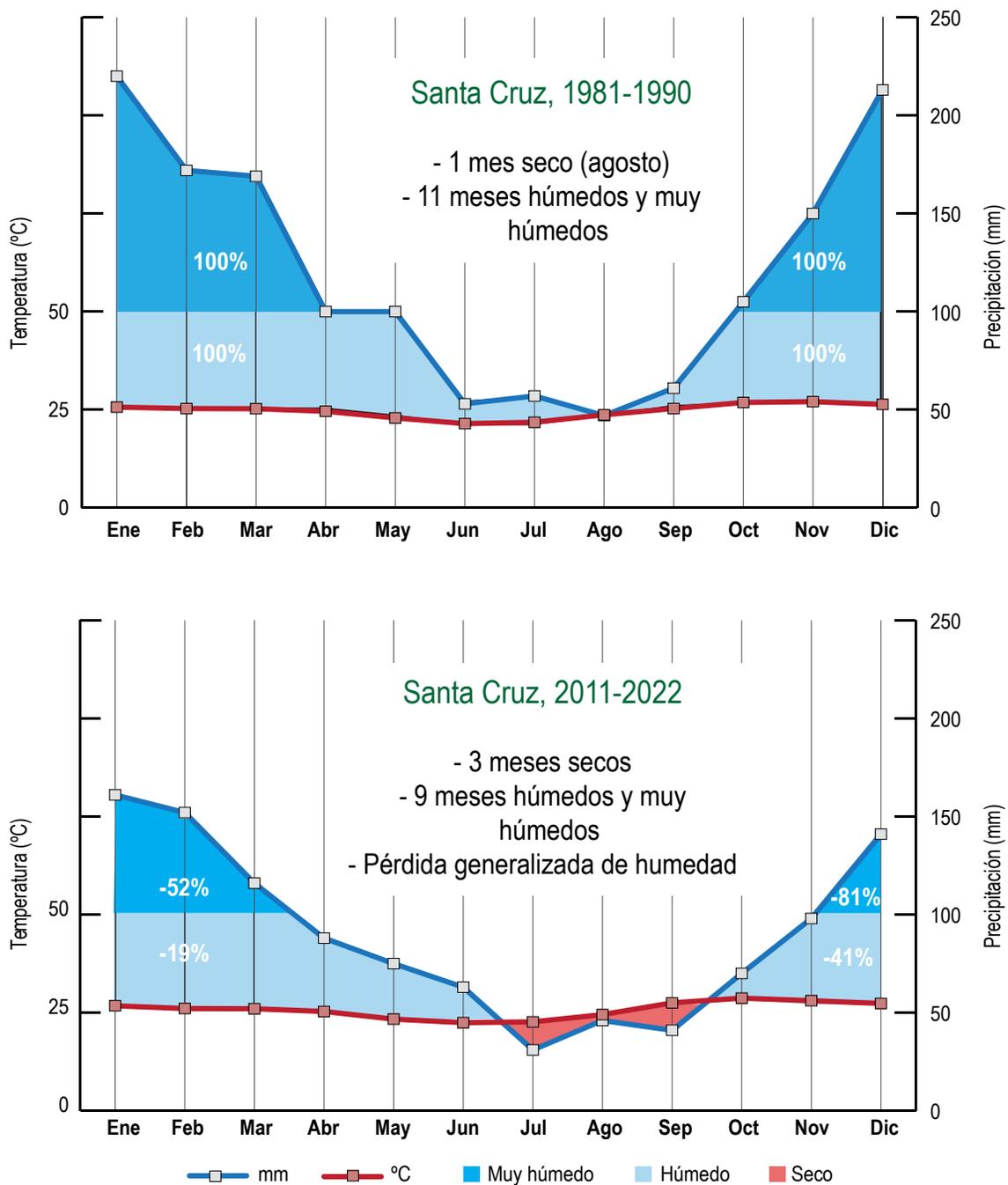
Cambios en el calendario agrícola

El calendario agrícola cruceño está adaptado a las condiciones climáticas propias para la agricultura a secano. Aunque los ciclos productivos varían según tipos de cultivos y condiciones locales, giran en torno a dos campañas agrícolas, siendo la campaña de verano la principal, mientras que la campaña de invierno es secundaria. Típicamente, la siembra de verano empieza entre noviembre y diciembre y termina con la cosecha entre marzo y abril. La siembra de invierno comienza entre junio y julio de cada año y concluye entre octubre y noviembre. Los ciclos productivos duran cinco meses en promedio.

La zona agrícola de Santa Cruz forma parte de la región tropical de Sudamérica que se caracteriza por un clima tropical húmedo, con temperaturas elevadas y altos niveles de precipitaciones. El climograma de Walter-Lieth (1967), que representa gráficas que combinan precipitación y temperatura según el criterio de Gausson, se caracterizaba para Santa Cruz por estaciones húmedas predominantes y estaciones secas que no llegaban a alcanzar el punto de evaporación total, especialmente en la zona núcleo. El criterio de Gausson sostiene que una temperatura promedio de 10 °C durante un mes logra evaporar totalmente 20 mm de agua en el mismo lugar y tiempo (Bagnouls y Gausson, 1957). La evaporación total medida en estos términos no existía en Santa Cruz. Por lo general, la evaporación total no ocurría porque la precipitación mensual medida en milímetros (mm) se mantuvo históricamente por encima del doble de la temperatura promedio medida en grados centígrados (°C).

GRÁFICO 4. SANTA CRUZ: CLIMOGRAMA COMPARATIVO DE CAMBIOS

Entre los periodos 1981-1990 y 2011-2022 (diagrama de Walter-Lieth)



Fuente: Elaboración propia con datos de precipitación y temperatura obtenidos de POWER LARC-NASA.

El primer climograma del Gráfico 4 muestra que en la década de los 80, los niveles de precipitación media superaban o se mantenían por encima de la línea de temperatura media. Solamente en el mes de agosto, la temperatura media rebasó levemente a la precipitación, lo que significa que es un mes que presentó un déficit hídrico (muy bajo) llegando a producirse la evaporación total que indica el índice de Gausson (-0,4). Entonces, el punto de partida para nuestro análisis es que Santa Cruz tenía 11 meses húmedos y un mes levemente seco.

El segundo climograma del mismo gráfico expone los datos promedio del último periodo (2011-2022). El resultado es que la línea de precipitación supera a la línea de temperatura durante nueve meses y los tres meses restantes son secos. El déficit hídrico se extiende entre los meses julio (-14,4), agosto (-3 mm) y septiembre (-14). El déficit aumentó con respecto a la década de los 80 debido a la reducción de las precipitaciones durante los tres meses secos y también a lo largo de todos los meses del año. El aumento de la temperatura media es más evidente en los meses de septiembre y octubre y coincide con el inicio del ciclo de precipitaciones en ascenso.

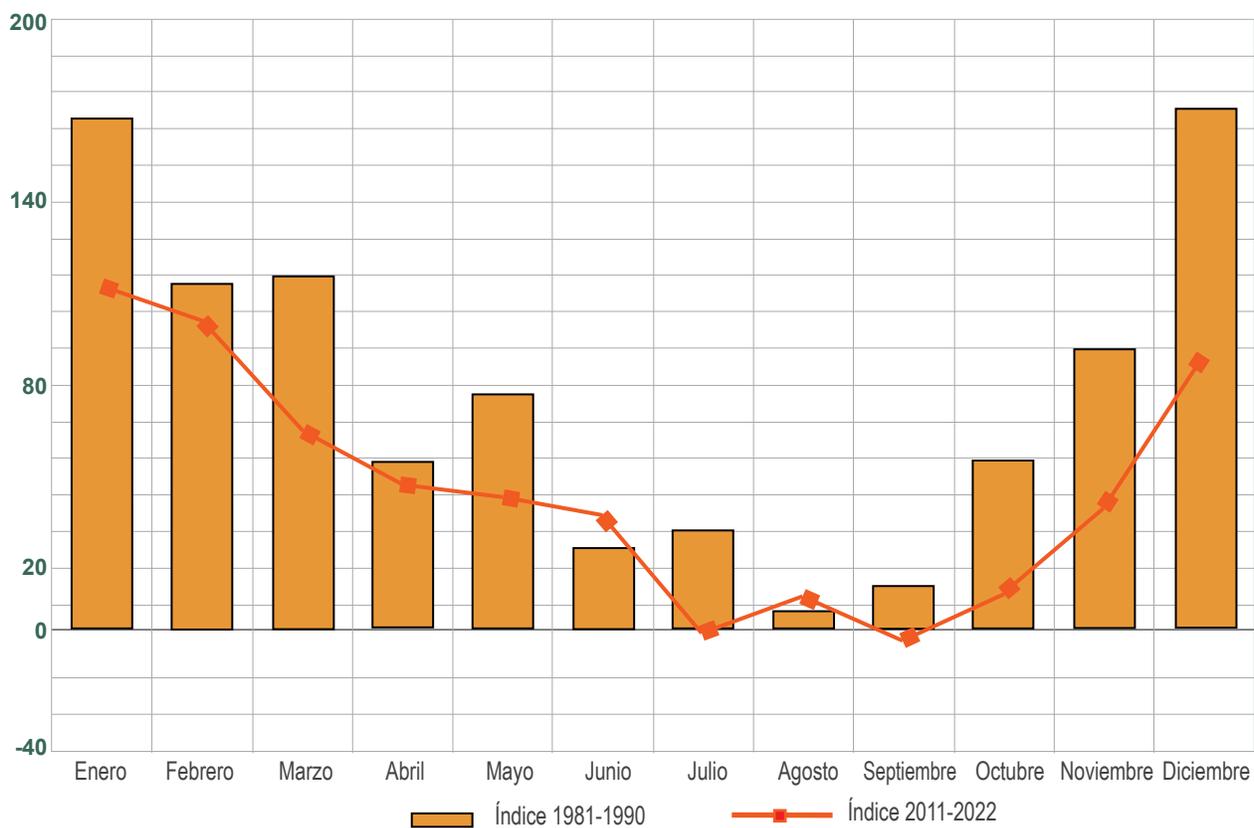
Los dos climogramas expuestos evidencian que el calendario agrícola de Santa Cruz sufrió tres cambios de consideración: estaciones húmedas con reducción generalizada de precipitaciones, menor duración de la estación húmeda pasando de 11 a 9 meses, y aumento de temperatura media a inicios de la estación húmeda (septiembre y octubre).

Alteraciones en zona núcleo

El Gráfico 5 compara variaciones en el índice de Gausson para dos periodos: 1981-1990 y 2011-2022 en la zona núcleo. La principal constatación es que los 12 meses del año son húmedos en el periodo inicial, ya que los valores son mayores a cero. Según los datos promedio de la década de los 80, el gráfico visualiza que en todo momento el índice de Gausson es positivo. Aunque las caídas son considerables en junio, agosto y septiembre, no alcanzan valores negativos que representan la evaporación total. Esto significa que la precipitación mensual sigue siendo más que el doble de la temperatura. El mes de agosto es el punto más crítico.

GRÁFICO 5. ZONA NÚCLEO: VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE GAUSSEN

Entre dos periodos (1981-1990 y 2011-2022)



Fuente: Elaboración propia con datos de precipitación y temperatura obtenidos de POWER LARC-NASA.

El mismo gráfico muestra los índices del último periodo (2011-2022) y las variaciones con respecto al periodo base. Los meses julio y septiembre tienen valores negativos, lo que significa que son meses secos con evaporación total, mientras que el mes de agosto se mantiene con valor positivo. Es llamativo que este último mes, estando en medio de los meses secos, tenga una precipitación media que incluso supera el registro de los 80.

En suma, la zona núcleo está transitando desde un calendario agrícola con estación húmeda durante los 12 meses del año hacia un ciclo agrícola con 10 meses húmedos y dos meses secos. La principal razón es la disminución de la precipitación durante 10 meses, excepto junio y agosto. El índice de GausSEN

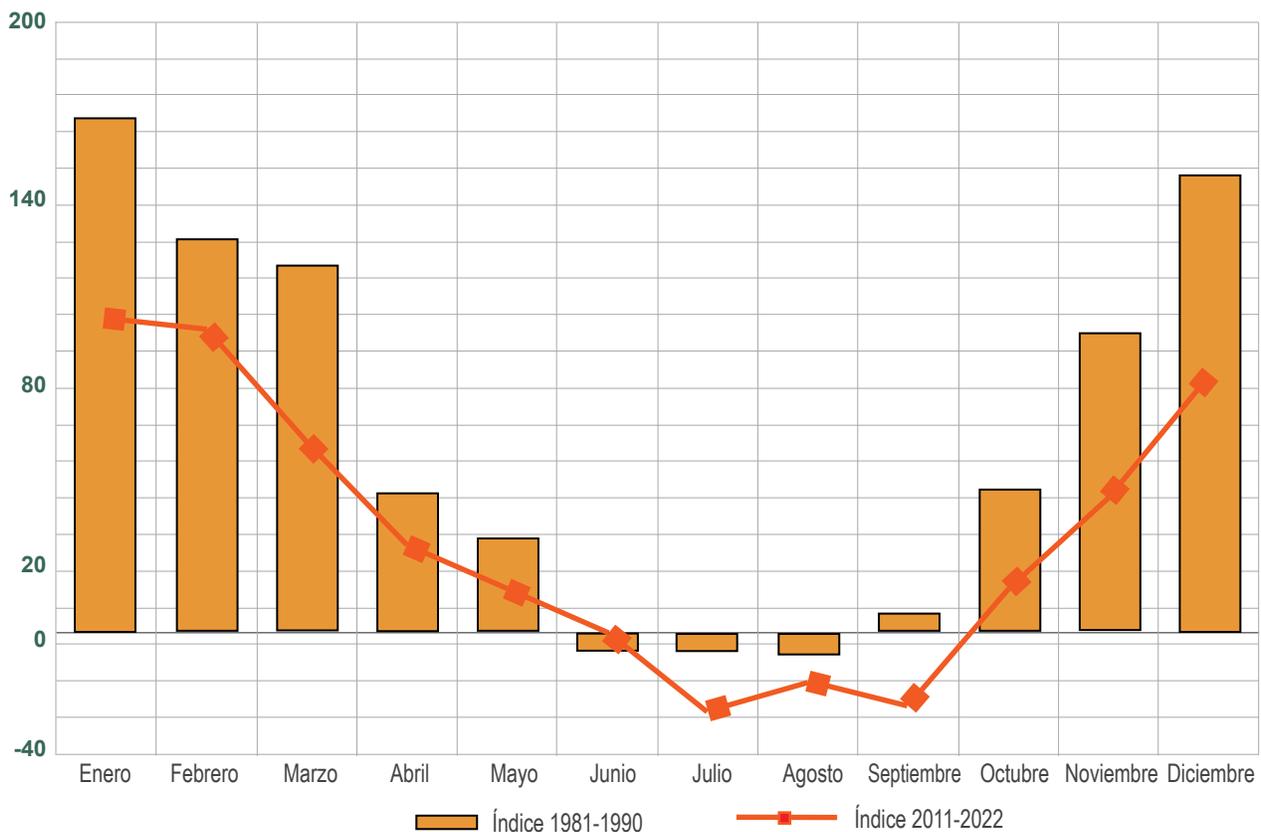
evidencia que los meses que más humedad pierden son los primeros meses de la campaña de verano (octubre-diciembre).

Alteraciones en zona de expansión

A diferencia de la zona núcleo, en la zona de expansión existían meses secos en la década de los 80, específicamente tres: junio, julio y agosto. Las características geográficas diferenciadas se traducen en microclimas diferenciados. La Chiquitania, por ejemplo, tiene precipitaciones menores porque no está influenciada por las cuencas hídricas del río Pirai y del río Grande o Guapay situadas en el oeste cruceño.

GRÁFICO 6. ZONA DE EXPANSIÓN: VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE GAUSSEN

Entre dos periodos (1981-1990 y 2011-2022)



Fuente: Elaboración propia con datos de precipitación y temperatura obtenidos de POWER LARC-NASA.

En la década de los 80, la estación húmeda predominaba durante nueve meses y los tres meses restantes tenían índices negativos, aunque relativamente pequeños. En el periodo 2010-2022, la estación seca se hace mucho más evidente, tiene mayor duración en el tiempo y aumenta el valor de los índices negativos. Los meses secos pasan a ser cuatro: junio, julio, agosto y septiembre, llegando en julio al punto más bajo o severo.

No solo se repiten los tres meses secos de los 80, sino que el periodo seco se extiende hasta septiembre, profundizando la sequedad de los meses afectados. Según el índice de aridez de Lang (1915), que mide la relación entre precipitación anual y temperatura media anual, la zona de expansión tenía un índice igual a 55 en la década de los 80 y bajó a 38, lo que significa que habría transitado desde un clima semi-húmedo (entre 40 a 160) hacia un clima semi-árido (entre 0 a 40).

A manera de resumen, se pueden subrayar las siguientes conclusiones parciales:

- La principal alteración del calendario agrícola es la mayor intensidad y duración de la estación seca. El cambio es generalizado en cuanto a la aparición y aumento de los meses secos que prácticamente no existían en el pasado.
- La zona núcleo tiene dos meses secos en la actualidad y las precipitaciones promedio han bajado sistemáticamente, pero sigue siendo una zona de clima húmedo y semihúmedo. En comparación con su situación inicial, es menos húmeda durante todo el año y el escenario agropecuario se torna crítico a inicios de la campaña de verano (septiembre y octubre) debido a la convergencia de bajas precipitaciones y altas temperaturas.
- La zona de expansión de la frontera agrícola ha transitado de tres meses secos de baja intensidad a cuatro meses secos de alta intensidad. La caída considerable de lluvias hace que esta zona haya pasado de clima semi-húmedo a clima semi-árido.

- La campaña de verano está precedida por los meses más secos del año que tienden a durar hasta noviembre o incluso diciembre. Este hecho retrasa la preparación de los suelos y el inicio de las siembras, razón por la que los agricultores buscan compensar los efectos negativos cultivando variedades precoces. La campaña de invierno es visiblemente la más afectada porque los suelos no llegan a retener suficiente humedad. En los últimos años, los cultivos de invierno se han reducido a la zona del norte integrado y tienen una importancia aún menor en la zona este de Santa Cruz.

An aerial photograph of a rural landscape. The top portion shows a river or stream flowing through a patchwork of green and yellow agricultural fields. Below this, a large, dark brown, tilled field is visible. A semi-transparent green rectangular overlay covers the middle section of the image, containing the title text. The bottom portion of the image shows a large, light-colored, tilled field with distinct diagonal tracks from a tractor. A dirt road runs along the right edge of this field, with a tractor and a trailer parked on it. The background on the right side shows a dense line of green trees.

3. AGRICULTURA Y DEFORESTACIÓN

La agricultura de Santa Cruz es la historia misma de la “frontera agrícola” boliviana. Es una historia de expansión y transformación de vastas áreas del territorio departamental en tierras cultivables o destinadas a la producción agropecuaria. Al ser una zona tropical, la conversión implica deforestación y transformación del paisaje natural.

La expansión de la frontera agrícola tiene importantes repercusiones ambientales, sociales y económicas. Por un lado, condujo al aumento de la producción nacional de alimentos y productos agrícolas, lo cual fue decisivo para modificar el sistema agroalimentario de Bolivia y consolidar la agroexportación como uno de los rubros económicos más importantes. Sin embargo, también ha traído consigo problemas ambientales, como la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo, el agotamiento de recursos hídricos y la pérdida acelerada de bosques primarios, además de conflictos por la tenencia y el uso de la tierra, entre otros. Desde un inicio, el potencial agropecuario de la región atrajo la llegada de migrantes desde distintas latitudes del mundo y todos los departamentos del país.

Estas transformaciones de gran alcance pueden llegar a descontrolarse rápidamente y causar impactos negativos capaces de anular los beneficios generados. De ahí nace la importancia de gestionar de manera sostenible la expansión de la frontera agrícola, a fin de equilibrar las necesidades agrícolas con las necesidades de conservación del medio ambiente y los recursos naturales. Para ello, se requieren políticas adecuadas, tecnologías sostenibles y prácticas agrícolas responsables para lograr el equilibrio. Aunque existen algunas iniciativas de gestión sostenible, Santa Cruz sigue teniendo dificultades para reaccionar con la rapidez que imprime el avance de la frontera agrícola.

A continuación, vamos a explicar cómo se ha dado este proceso de transformación en los últimos 42 años (1981-2022), es decir, en el periodo más significativo y decisivo para la cuestión agroambiental de Santa Cruz y, por supuesto, para el cambio climático del departamento.

Expansión de la frontera agrícola

El crecimiento explosivo de la agricultura cruceña tuvo lugar con la introducción de la soya genéticamente modificada (GM) a inicios de la década de los 90. Una evidencia de ello es que la superficie cultivada de 1980 equivale al 10% de la actual. El entorno favorable nació a partir de las políticas agropecuarias orientadas a la agro-exportación y del boom del comercio internacional de materias primas agrícolas. La ampliación de tierras cultivadas respondió parcial y minoritariamente a las necesidades nacionales de seguridad alimentaria.

El incremento sostenido de las tierras de cultivo comenzó a finales de 1980 e inicios de 1990. Un factor que influyó decisivamente fue el proyecto “Tierras Bajas del Este” del Banco Mundial, que tenía como objetivo la ampliación de la agricultura comercial y rentable a través de la producción de soya y trigo. En el contexto regional de esa época, capitales brasileños y argentinos incursionaron en el sector sojero de Bolivia (Urioste, 2011). De manera paralela a otras iniciativas de apertura al mercado global para el agro, el proyecto agrícola en cuestión fue concebido con el argumento de contribuir al despegue del crecimiento económico de Bolivia y al desarrollo de una agricultura comercial sostenible. Sin embargo, años más tarde, el propio organismo internacional reconoció que los logros productivos del proyecto fueron opacados por el incremento descontrolado de la deforestación. En lugar de las 25 mil hectáreas planificadas, la deforestación alcanzó cerca de un millón de hectáreas.

En la práctica, la ampliación de la frontera agrícola favoreció al auge del complejo oleaginoso (soya, girasol y sorgo), mientras que otros cultivos, como el trigo, la caña de azúcar o el maíz fueron calificados como cultivos de “crecimiento lento”. Pronto, la soya comenzó a posicionarse como el cultivo predominante.

Inevitablemente, el crecimiento de la frontera agrícola implicaba pérdidas de bosques en igual o mayor proporción. El modelo de agricultura mecanizada que se consolidó resultó ser poco o nada compatible con la coexistencia de áreas boscosas y áreas de cultivo.



El modelo mecanizado requería grandes extensiones de monocultivos y parcelas o unidades de producción mayores a 20 hectáreas. El uso de maquinarias agrícolas a gran escala obligó a la eliminación de las zonas boscosas y al adelgazamiento de las cortinas “rompevientos” en los linderos entre predios. El bosque alto de las zonas colindantes no favorecía las fumigaciones de áreas cada vez más extensas para la producción de soja a mediana y gran escala.

Cambios agrícolas 1981-2022

En las últimas cuatro décadas, la agricultura cruceña ha experimentado varios cambios con características ya consolidadas y tendencias casi irreversibles. En lo tecnológico, ha habido avances importantes en la adopción de tecnologías agrícolas, sobre todo a partir de la introducción de maquinaria agrícola moderna en todas las fases: siembra, crecimiento y cosecha. También se instalaron varios centros y silos de acopio para la cosecha de granos. En la actualidad, los desmontes son mecanizados y para ello se usan tractores orugas adaptados con cadenas pesadas.

El principal cambio se produjo con la legalización de los cultivos de soya genéticamente modificados (GM) para el uso masivo de herbicidas con glifosato como ingrediente activo. La producción de soya GM fue autorizada el año 2005, aunque ya formaba parte del agro en la década previa. En los últimos años (2015-2022), la producción de maíz GM también se masificó, a pesar de que no está autorizada por las normativas vigentes en el país (Cuéllar, Quintanilla y Larrea, 2018). En Bolivia solo existe un evento transgénico autorizado (soya RR), pese a ello, los cultivos GM están bastante extendidos a lo largo y ancho de las zonas agrícolas de Santa Cruz.

Los cambios en los patrones de consumo y en la industria alimenticia también incidieron en la producción orientada a materias primas agrícolas de exportación. Los granos de soya y maíz son commodities que se comercializan a nivel global y la demanda sigue creciendo, no solo por la industria alimenticia, sino por otros sectores económicos. La biomasa proveniente de la agricultura tiene usos múltiples hoy en día, incluyendo alimentación humana, la industria de alimentos balanceados para animales, biocombustibles, otros usos industriales de aceites vegetales, entre otras.

CUADRO 6. PRINCIPALES CAMBIOS AGRARIOS DE SANTA CRUZ (1981-2022)

Variables	1981	2022	Variación porcentual
Población urbana	503.675	2.877.335	471%
Población rural	349.781	548.064	57%
Producción agrícola (en TM)	2.337.250	15.315.407	555%
Principales cultivos (según hectáreas cultivadas)	1.Maíz en grano (79.000) 2.Caña de Azúcar (61.010) 3.Soya (41.070) 4. Arroz con cáscara (35.100)	1.Soya (1.506.869) 2.Sorgo en grano (499.486) 3.Maíz en grano (196.693) 4. Caña de Azúcar (169.125)	
Ganadería (Nº de cabezas)	1.051.403	4.782.044	355%
PIB agropecuario (en USD y % de participación departamental)	s/d	2.324 millones de USD (19%) (dato de 2021)	
Exportación agropecuaria (en USD y % de participación departamental)	69,1 millones USD (22%)	2.827 millones de USD (62%)	3.990%

Fuente: Elaboración propia con base en estadísticas económicas (INE, 2023).

Superficie cultivada

Entre 1981 y 2022, la superficie cultivada se multiplicó más de 10 veces, de 264,8 mil hectáreas a más de 3 millones de hectáreas. Este ritmo de crecimiento tiene una relación directa con el aumento de la producción, habiéndose multiplicado por 6,5 en el mismo periodo. Santa Cruz pasó de cosechar 2,3 millones de toneladas anuales a 15,3 millones de toneladas.

Durante los 42 años, la línea ascendente en la agricultura cruceña se ha mantenido prácticamente constante, con leves caídas a finales de los 80 e inicios y finales de la primera década del presente siglo. La expansión de la superficie cultivada mantuvo un ritmo constante con un crecimiento promedio de 70.000 hectáreas por año, equivalente a un crecimiento interanual de 7%. Este comportamiento agrícola es exclusivo del departamento de Santa Cruz y no tiene similitudes con el estancamiento de la agricultura en la mayoría de los otros departamentos, particularmente en la región andina de Bolivia.

CUADRO 7. SANTA CRUZ: SUPERFICIE CULTIVADA POR TIPOS DE CULTIVOS

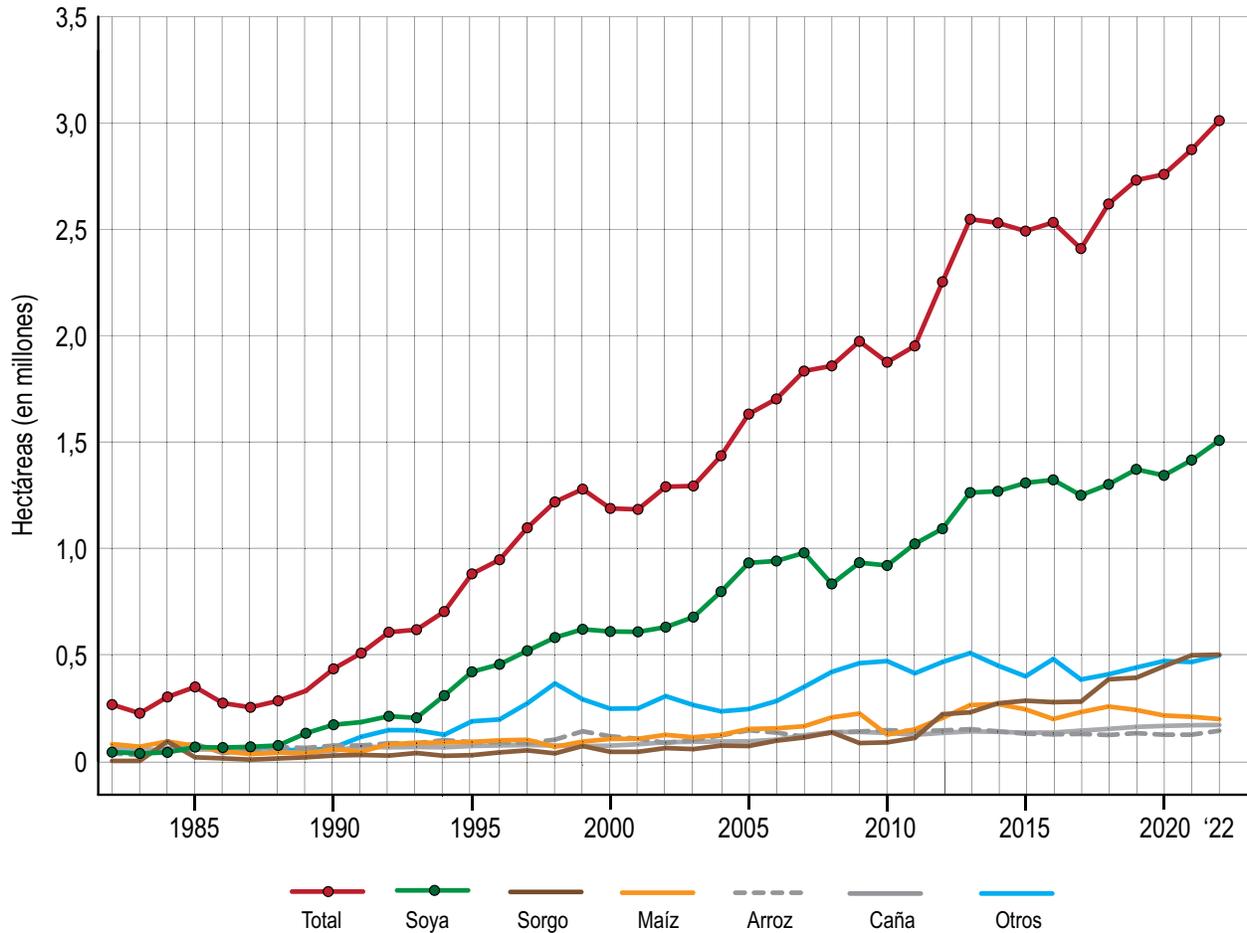
En hectáreas y porcentajes, 1981 y 2022

Principales cultivos	1981		2022		Variación % 1981-2022
	Hectáreas	Importancia relativa	Hectáreas	Importancia relativa	
Soya	41.070	16%	1.506.869	50%	3.569%
Sorgo en grano	-	0%	499.486	17%	
Maíz en grano	79.000	30%	196.693	7%	149%
Caña de azúcar	61.010	23%	169.125	6%	177%
Los demás cultivos	83.771	32%	638.450	21%	662%
Total general	264.851	100%	3.010.623	100%	1.037%

Fuente: Elaboración propia con base en estadísticas agropecuarias (INE, 2023).

GRÁFICO 7. SANTA CRUZ: SUPERFICIE CULTIVADA

1981-2022 (en hectáreas)



Fuente: Elaboración propia con base en estadísticas agropecuarias (INE, 2023).

Aunque los datos anuales no fluctúan significativamente según los eventos climáticos del momento u otros factores, vamos a comparar los cambios utilizando promedios decenales. En la década de los 80, la superficie cultivada anual, en promedio, alcanzaba a 321.259 hectáreas, lo que aumentó paulatinamente hasta llegar a 971.180 (década 90), luego a 1.683.897 (2001-2010) y finalmente 2.614.079 (2011-2022). En otros términos, la superficie cultivada creció 760.000 hectáreas cada diez años. Tiene una tendencia casi lineal en el tiempo.

Una característica invariable es que entre el 90% y 95% de las tierras cultivadas se destinaron a seis cultivos principales: soya, maíz en grano, sorgo en grano, girasol, arroz con cáscara, caña de azúcar y trigo. Este alto grado de participación del conjunto de los seis cultivos no cambió significativamente en las cuatro décadas, pero varió la composición interna.

Por ejemplo, la superficie cultivada dedicada a la caña de azúcar cayó del 23% de participación que tenía en 1981, al 6% para el año 2022. El maíz en grano descendió del 30% de participación al 7% en el mismo periodo. Sin embargo, estas disminuciones porcentuales no significan menor número de hectáreas cultivadas. En 1981 se sembraba 61.010 hectáreas de caña de azúcar y aumentaron hasta 169.125 hectáreas para el año 2022. Una similar situación se presentó en los cultivos de maíz, que se ampliaron de 79.000 a 196.693 hectáreas durante los mismos años.

La participación porcentual disminuida de maíz y caña de azúcar obedece al creciente protagonismo que cobró la soya. Este cultivo oleaginoso pasó de una participación porcentual del 16% en 1981 al 50% en 2022. En términos absolutos, creció de 41.070 hectáreas a más de 1,5 millones de hectáreas para el año 2022. El siguiente subtítulo está dedicado a este tema.

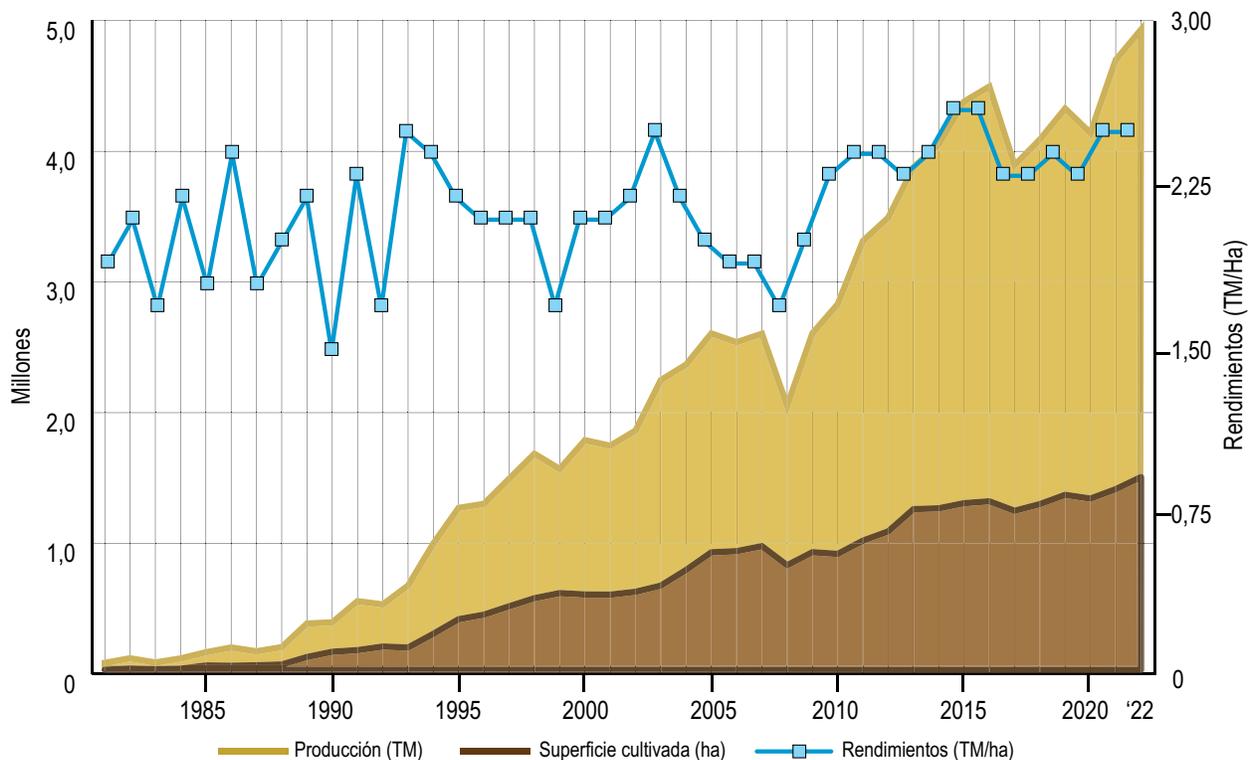
El aumento del tamaño de las explotaciones en el sector agrícola disminuyó los beneficios tangibles e intangibles asociados a los bosques, sobre todo debido a las pérdidas de recursos maderables, servicios eco sistémicos como la captura y almacenamiento del carbono o la ruptura de los ciclos hídricos.

El sector sojero

Actualmente, Bolivia está dentro del top 10 de los países del mundo con mayor superficie cultivada de soya (FAO 2021) y, prácticamente, toda la producción de soya del país se encuentra en el departamento de Santa Cruz. Brasil se encuentra en primer lugar con 39,2 millones de hectáreas, seguido de Estados Unidos (34,9 millones), Argentina (16,5 millones) y otros. Bolivia se posiciona en el décimo lugar con 1,4 millones de hectáreas, un puesto por debajo de Canadá (2,1 millones) que ocupa el noveno lugar. Por lo tanto, la soya cruceña tiene un peso preponderante dentro y fuera de Bolivia.

En 1981, la superficie dedicada a la siembra de soya alcanzaba 41.070 hectáreas y a partir de entonces mantuvo un crecimiento ascendente, con caídas puntuales, aisladas y pasajeras. En 1988 superó la barrera de las 100.000 hectáreas; en 1996 sobrepasó la línea de 500.000 hectáreas y finalmente, el año 2010 se ubicó por encima de un millón de hectáreas anuales. El último año (2022) la superficie dedicada a los cultivos de soya llegó a 1.506.869 hectáreas (INE 2023). De esta manera, la superficie cultivada de soya se multiplicó 35 veces en cuatro décadas.

GRÁFICO 8. EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE CULTIVADA, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO
1981- 2022



Fuente: Elaboración propia con base en estadísticas agropecuarias (INE, 2023).

Los mayores crecimientos interanuales se registraron en 2012, con 170 mil hectáreas y en 2004, con 135 mil hectáreas. Aunque el crecimiento anual (35 mil hectáreas) está bastante alejado del ritmo de crecimiento de Brasil (el primer productor mundial), Bolivia tiene similitudes con el vecino gigante porque la ampliación de los suelos agrícolas tiene relación directa con el aumento de la deforestación. Esto explica porqué Brasil es el primer país productor de soya del mundo y en paralelo el primer país con mayor pérdida de bosques y porqué Bolivia ocupa el tercer lugar en deforestación, después de la República Democrática de Congo.

Otra característica del sector sojero es la alta concentración de las tierras cultivadas para un solo cultivo. Actualmente, la soya representa el 50% de la superficie cultivada de Santa Cruz. Brasil tiene una situación similar debido a que la soya representa el 55% del total de la superficie cultivada. De un total de 76 millones de hectáreas cultivadas, 42 millones se destinaron a la soya el 2022 (CONAB 2023). Estos resultados son contrarios a los objetivos de producción prioritaria de alimentos, diversificación de la producción agrícola, diversificación del sector agroexportador y provoca una mayor dependencia de los vaivenes del mercado internacional de materias primas agrícolas.

En la última década, la expansión sojera provocó la aparición de otro fenómeno agrícola: el crecimiento acelerado de los cultivos de sorgo. Antes del 2010, el sorgo ocupaba solamente 87 mil hectáreas anuales y paulatinamente creció hasta llegar a 499 mil hectáreas cultivadas para el año 2022. El boom del sorgo está impulsado tanto por los anuncios gubernamentales de utilizar como materia prima para la producción de alcohol anhidro para biocombustibles, como por las ventajas productivas como cultivo de rotación en tierras soyeras. Los productores agropecuarios siembran sorgo en la campaña de invierno, en lugar del maíz que se utilizaba hasta hace poco para la recuperación de la fertilidad de los suelos. Debido al aumento de la degradación y descertificación de los suelos, este último cultivo es poco viable en términos de productividad y recuperación del potencial productivo de la tierra.

Percepciones de los pequeños productores agropecuarios

“Cuando el tiempo cambia hoy en día, la producción agrícola significa más inversión, ahora para los insumos de la soya hay que invertir más, hoy en día diferentes plagas aparecen de todo lado, hay de sequía, hay de humedad, aparecen más plagas”. (Productor cañero, Municipio de Montero, 15 de septiembre de 2022).

Los cambios agrícolas también transformaron los sistemas productivos de los campesinos y pequeños productores asentados en las zonas de colonización. Transitaron de la agricultura diversificada y mayormente orientada al autoabastecimiento de los años 70 y 80 a la agricultura mecanizada. Con la llegada del auge sojero, las pequeñas propiedades de 50 hectáreas fueron transformadas, paulatinamente, en campos de monocultivos con menor presencia de áreas boscosas. Esto ocurrió en varios lugares como los alrededores de Cuatro Cañadas, San Julián, Pailón y Norte Integrado.

Después de unas tres décadas, los campesinos colonizadores, convertidos en pequeños productores agropecuarios, son los beneficiarios minoritarios del crecimiento económico del modelo sojero, pero también son los perdedores debido a la aparición de nuevos problemas económicos, productivos y ambientales. Según los testimonios recogidos para este trabajo, uno de los problemas más serios es la intensificación de las plagas que atacan a los cultivos. En consecuencia, aumentó el uso o las aplicaciones de plaguicidas. En el Norte Integrado fumigan entre cuatro a seis veces en un ciclo agrícola, lo que no sucedía en los años anteriores. El uso de herbicidas, insecticidas y funguicidas en mayores cantidades tiene impactos directos sobre los costos de producción. Los pequeños agricultores tienen problemas de financiamiento y acceso a créditos ante el aumento sostenido de los costos de producción.

También testimonian que las inundaciones y las sequías son más frecuentes en los últimos años, lo que ocasionó pérdidas de cosechas y quiebras de algunos productores. La agricultura es más riesgosa para los pequeños porque los costos de producción son elevados, los eventos climáticos extremos suceden con mayor frecuencia, la fertilidad de la tierra disminuye, entre otras causas.

“Las épocas de lluvia son diferentes. Hay temporadas que cambia en el mismo ciclo, por ejemplo, este año es diferente del año pasado para empezar a sembrar, cuando ya estaba todo dejó de llover y hay diferencias de lluvia entre una parte y otra parte. A veces es momentáneo, corta e intensa, otras veces llueve de repente un rato y ya no llueve. Así es como hay inundaciones” (Productor Cañero, Municipio de Montero, 15 de septiembre de 2022).

Deforestación

El problema de pérdida de bosques está alcanzando niveles críticos en los últimos años. A diferencia del chequeo o la tala manual que se practicaba hasta finales del siglo anterior, hoy en día los desmontes son altamente tecnificados. Se emplea maquinaria pesada de diversa índole, principalmente tractores de orugas encadenados entre sí por pesadas cadenas que arrastran por el bosque. Según el informe especializado de Global Forest Watch (GFW) de 2022, Bolivia ocupó el tercer lugar entre los países del mundo con mayor pérdida de bosques tropicales primarios: 272.097 hectáreas de desmontes, sin contar las pérdidas relacionadas con los incendios forestales. Comparado con los datos del 2021, la deforestación se incrementó en un 50%.

El 86% de los desmontes están localizados en Santa Cruz, lo que evidencia su estrecha relación con la agricultura mecanizada que, casi en su totalidad, está situada en esta región. Como dijimos, el agro cruceño crece inevitablemente a costa de los bosques, y al ser una agricultura de monocultivos es incompatible con la agricultura diversificada, los sistemas silvopastoriles, la agroforestería y otros modelos de coexistencia entre áreas de agropecuaria y bosques.

Principales cambios y tendencias

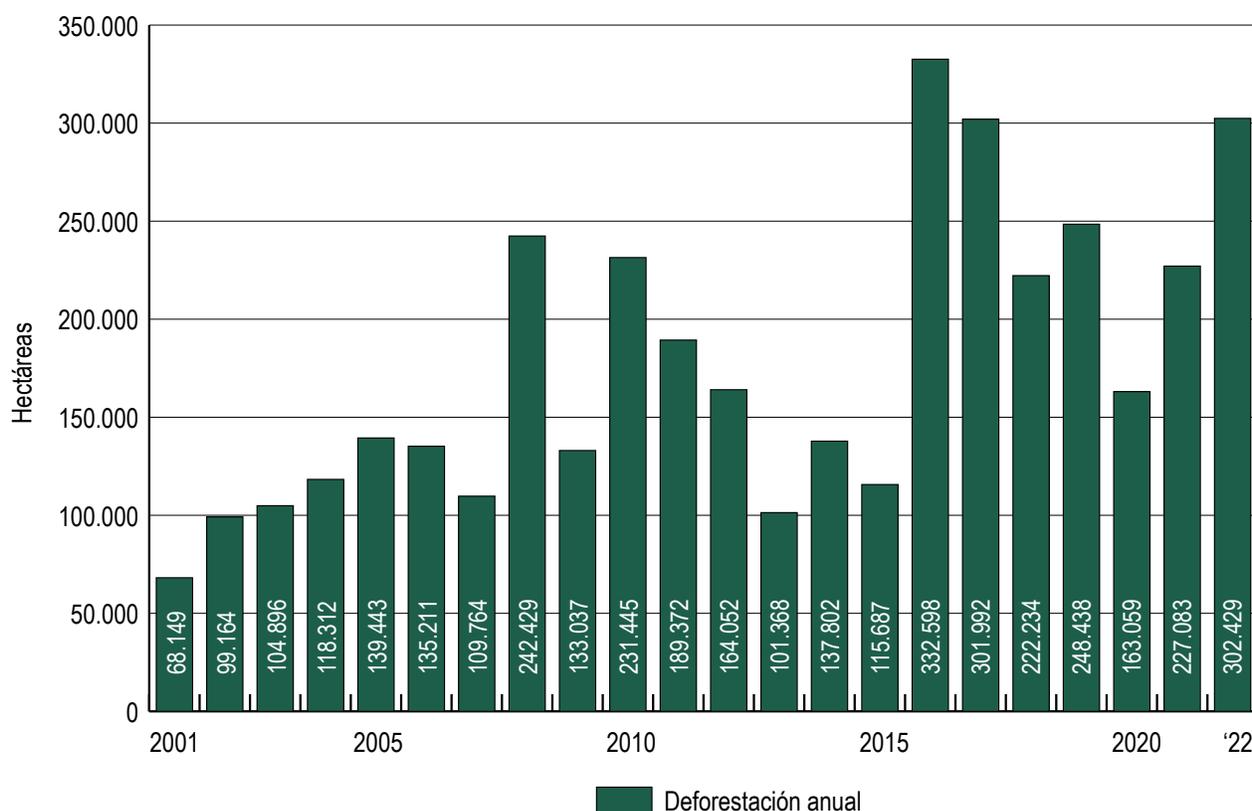
A diferencia de los datos de clima y agricultura, los registros de deforestación desagregados por año no están disponibles para los años anteriores al 2000. Las estimaciones que existen son parciales y siguen teniendo limitaciones. Por esta razón, combinaremos, para el análisis, los datos agregados de las primeras dos décadas (1981-2000) con los datos anualizados para el periodo 2001-2022.

En los años 80, la deforestación se atribuyó principalmente a la ganadería extensiva que demandaba la habilitación de grandes extensiones desmontadas para potreros y pastizales (Müller, Pacheco y Montero, 2014). La expansión de las zonas de colonización de campesinos andinos también incidió en el aumento de los desmontes de esa época, al igual que el sector forestal dedicado a la extracción de madera de los bosques primarios. La agricultura cruceña fue aumentando su influencia con los años, a medida que la agro-exportación cobró mayor importancia económica con respecto a la ganadería.



GRÁFICO 9. SANTA CRUZ: DEFORESTACIÓN ANUAL

2021-2022 (en hectáreas)



Fuente: Elaboración propia con datos de TIERRA, 2021 y Global Forest Watch, 2023.

Para los primeros 20 años (1981-2000), las estimaciones de desmontes están cifradas en 3 millones de hectáreas (FAN, 2013). Tomaremos esta cifra para este trabajo, aunque existen otros cálculos y estudios que difieren levemente (Killeen 2008, Muller 2014). Antes de 1981, la deforestación habría alcanzado 642 mil hectáreas, probablemente desde inicios de los años 70, cuando comenzaron a implementarse de manera significativa las recomendaciones del Plan Bohan para la producción comercial y creación de asentamientos humanos con pobladores andinos para aumentar la disponibilidad de trabajadores rurales.

En la década de los 80, se deforestaron 471.280 hectáreas, mientras que en los 90, la cifra alcanzó a 2.528.535 hectáreas, sumando 2.999.815 hectáreas en 20 años. Nótese que la segunda década representa el 84% del total, lo que coincide con los primeros años de despegue del modelo de monocultivos y la adopción de semilla de soya genéticamente modificada. Este avance acelerado se produjo, principalmente, en la zona núcleo o agroindustrial.

En los siguientes 22 años (2001-2022), la deforestación sumó 3.887.965 hectáreas, de las cuales el 35% corresponde a los primeros 10 años y el restante 65% a los últimos doce años. El promedio de la deforestación anual alcanza a 176 mil hectáreas, aunque con varios altibajos y con tendencia al alza en la última década. Las zonas de intervención siguen concentradas en la parte central, expandiendo los márgenes del Norte Integrado, la brecha de Guarayos, el este hacia San José de Chiquitos y el suroeste del departamento.

El total acumulado en 42 años (1981-2022) llega a 6.887.780 hectáreas, de las cuales el 43% pertenece a los primeros 20 años y el restante 57% a los últimos años del presente siglo. Tomando en cuenta los registros hasta el año 1980 (471.280 hectáreas), el total acumulado llega a 7.530.009 hectáreas, lo que equivale aproximadamente al 21% de la superficie forestal de Santa Cruz.



En los últimos 20 años (2001- 2020), la deforestación en Santa Cruz llegó al punto más alto el año 2016 con 332.598 hectáreas afectadas, superando el registro del año siguiente (2017) cuando se desmontaron 301.992 hectáreas. El registro mínimo se presentó el año 2001 con 68.149 hectáreas. El incremento interanual entre 2015 y 2016 alcanzó a 216.910 hectáreas, lo que representa un crecimiento del 187%. Las subidas de desmontes desde el 2016 en adelante coinciden con los años de intensificación de los incendios forestales, sobre todo el año 2019 cuando se quemaron 3,6 millones de hectáreas en el departamento de Santa Cruz, lo que se constituyó en la cifra más alta de la historia departamental (TIERRA, 2019).

De acuerdo al promedio de los últimos cinco años (2018-2022), la deforestación ronda las 232 mil hectáreas anuales para el departamento de Santa Cruz. Existen varias razones para pensar que la pérdida de bosques seguirá creciendo en los próximos años. Primero, la tendencia de los últimos cinco a siete años se mantiene en ascenso. Segundo, el contexto económico y político sigue siendo favorable para el cambio del uso del suelo. Tercero, la deforestación del 2022 no relacionada con los incendios creció en 33% con respecto al año anterior.

Brechas de expansión

En la zona núcleo, el 85% de la superficie ya está desmontada, lo que significa que las recientes pérdidas de bosques se están desplazando mayormente en las zonas de expansión. En San Ignacio de Velasco, las pérdidas de vegetación escalaron desde el año 2015, pasando de una tasa anual de 9.000 hectáreas a 42.000 hectáreas deforestadas por año. Esta tendencia ascendente continúa en los últimos años (2016-2022). El avance del desmonte está alentado por la producción de soya. San Ignacio de Velasco se está convirtiendo muy rápidamente en una región de oleaginosas. Dado que no es una zona tradicional de agricultura mecanizada, los agricultores no tienen plena certeza de que los suelos recientemente habilitados tengan un potencial agrícola permanente.

La deforestación también se expande al este y sureste de Santa Cruz. Los desmontes siguen aumentando en las tierras contiguas a la zona soyera, principalmente al este, en dirección a San José de Chiquitos y al sureste transformando gran parte del municipio de Pailón y el norte de Charagua. Las áreas en torno a Laguna Concepción y las tierras de Bolibras forman parte de esta dinámica expansionista.

Al menos existen cinco brechas con presencia significativa de desmontes en los últimos años: i) La zona de influencia de la carretera principal en el municipio de Roboré donde sigue aumentando el número de hectáreas deforestadas, ii) la brecha San Ignacio de Velasco-San José de Chiquitos, a ambos lados de la carretera, iii) la provincia Guarayos influenciada por la agricultura del Norte Integrado y San Julián, iv) Yapacaní y sus alrededores, incluyendo la afectación de la Reserva Forestal El Chore, v) las colonias menonitas de Charagua.

Las brechas de expansión coinciden con las principales carreteras. La carretera a Puerto Suárez tiene conexión con las conversiones de los suelos de Roboré y el crecimiento de nuevos asentamientos campesinos en San José de Chiquitos. Las comunidades chiquitanas de San Miguel y San Rafael de Velasco sufren afectaciones socio-ambientales con el aumento de las áreas deforestadas que se intensifican a lo largo de la carretera que interconecta las poblaciones Chiquitanas. La provincia Guarayos tiene una mayor presencia de agricultura mecanizada y asentamientos nuevos debido a la influencia de la carretera a Trinidad. Es decir, las redes de transporte y la conectividad a los mercados inciden decisivamente en la habilitación de nuevas zonas de producción agropecuaria, quedando en un segundo plano la vocación forestal o no forestal de los suelos.

Actores implicados

Según las últimas estadísticas del INE (2022), el incremento de las tierras cultivadas en Santa Cruz llega a 391 mil hectáreas entre los años 2018 y 2022, lo que significa que creció a un promedio anual de 97 mil hectáreas. En el mismo periodo quinquenal, la deforestación departamental aumentó 1,1 millones de hectáreas anuales, es decir 232 mil como promedio anual. Es evidente que la pérdida de bosques es mayor al crecimiento de las tierras cultivadas.

Esto significa que los actores implicados no son solamente los productores agropecuarios (sean pequeños, medianos o grandes), sino que existen otros involucrados cuyas motivaciones económicas y productivas son diferentes al sector agrario.

CUADRO 8. ZONA AGROINDUSTRIAL: DEFORESTACIÓN SEGÚN TIPOS DE PROPIEDAD
1990-2021

Superficie	Superficie		Deforestación 1990-2021		
	En hectáreas A	Porcentaje (%) B	En hectáreas C	Porcentaje (%) D	Grado deforestación de las propiedades (%) E=C/A
Pequeña	837.203	30,3%	705.443	30,0%	84,3%
Mediana / Empresarial	1.578.539	57,2%	1.336.828	56,8%	84,7%
Comunitaria y TCO	204.368	7,4%	174.255	7,4%	85,3%
Tierra Fiscal	141.962	5,1%	84.515	3,6%	59,5%
Servidumbre, otros			51.434	2,2%	s/d
Total	2.762.072	100%	2.352.475	100%	85,2%

Fuente: Elaboración propia con base en geoinformación GeoBolivia (2016), INRA (2021), ABT (2015) y Global Forest Change (2021).

Una forma confiable de aproximarnos a la identificación de los actores implicados es concentrar la mirada en la zona núcleo de Santa Cruz. Es una muestra bastante representativa de la agricultura mecanizada y consolidada donde, además, la deforestación acumulada cubre más del 85% de la zona. Para este estudio, hemos estimado que la superficie de la zona alcanza a 2.762.072 hectáreas, de las cuales 2.352.475 hectáreas fueron deforestadas hasta el año 2021.

El 57% de las tierras agrarias están en manos de medianos y grandes propietarios agropecuarios. Son 2.149 unidades agrícolas que suman 1.578.539 hectáreas, lo que significa que predominan las unidades agropecuarias mayores a 500 hectáreas. El 30% son pequeñas propiedades agrícolas y ganaderas. En esta zona, se consideran como pequeña propiedad agrícola los predios con 50 hectáreas o menos y como pequeña propiedad ganadera hasta 500 hectáreas.

Existen 23.281 unidades agropecuarias que totalizan 837.203 hectáreas. El 7% son propiedades comunitarias cuya extensión total alcanza a 204.368 hectáreas. La mayor parte de las propiedades comunitarias ha sido puesta en producción mediante deforestaciones masivas por el sector empresarial que controla directa o indirectamente. Finalmente, según nuestras estimaciones, las colonias menonitas ocupan una superficie aproximada de 304.588 hectáreas dentro de la zona núcleo. Esta cantidad de tierras equivale al 11% del total de la zona. La deforestación dentro de las colonias menonitas alcanza al 89%, es decir, es mucho más severa en comparación con otros tipos de propiedad.

En resumen, el 87% de las propiedades agrarias tienen extensiones mayores a 50 hectáreas por unidad. Las pequeñas propiedades con superficies menores a 50 hectáreas representan el 7% de la zona núcleo. Estos datos muestran con claridad que no es cierta la afirmación ampliamente difundida por los grandes gremios agropecuarios como la CAO o CAINCO de que los mayores beneficiarios del modelo sojero son los pequeños productores que representan el 90% de los agricultores sojeros (McKay, 2018). Aunque ciertamente los pequeños son numerosos, esta mayoría controla solamente el 7% de la tierra puesta en producción.

Sin embargo, como mencionamos al inicio, existen actores no agrícolas que están implicados en la deforestación. Un grupo de estos actores está conformado por los nuevos asentamientos de toda índole que habilitan tierras en sustitución de las tempranamente explotadas y sobreexplotadas. Los responsables de las deforestaciones recientes son aquellos que han sobreexplotado los suelos de la zona agroindustrial, es decir, las grandes y medianas propiedades que hoy en día poseen nuevos predios en varias regiones, municipios y provincias. La agricultura mecanizada a pequeña escala también se ha expandido de la mano de las comunidades interculturales hacia nuevas zonas de colonización. Los menonitas que se caracterizan por abandonar las tierras degradadas, se han reasentado en nuevas áreas utilizando las ganancias económicas obtenidas.

Están habilitando tierras sin potencial agrícola a mediano plazo, como las tierras ganaderas de la Chiquitanía, los "curichis" o humedales, las áreas circundantes a las lagunas y ríos, los ecosistemas protegidos por ley, entre otras.

Una parte de los nuevos desmontes está destinada a la producción a corto plazo (menor a cinco años), porque les resulta más rentable el sustituir por nuevas tierras. Los suelos degradados son abandonados o convertidos en pasturas para ganado.

Otro grupo de actores son los protagonistas de los avasallamientos de tierras. Algunos propietarios y poseedores de las tierras han desmontado los bosques para evitar ocupaciones ilegales y avasallamientos por parte de grupos organizados que consideran esos predios como tierras fiscales disponibles para la dotación comunitaria. Los desmontes son utilizados como un mecanismo de defensa para alejar a los avasalladores que buscan bosques sin o con pocas señales de intervención humana. Los desmontes no productivos también son provocados por propietarios interesados en demostrar el control pleno de los predios. Los desmontes se han convertido en una demostración de fuerza de las ocupaciones legales e ilegales de tierras. El sector privado elimina el bosque durante el proceso agrario de saneamiento, sin esperar la conclusión de la titulación. Las comunidades con autorizaciones de asentamientos también deforestan a razón de 20 hectáreas por familia con el propósito de demostrar el cumplimiento de la función social (FS) ante el INRA. La lucha por la privatización de las tierras fiscales desemboca en desmontes caóticos e improductivos.

Finalmente, están los ganaderos con expectativas de exportación de carne vacuna. Las haciendas ganaderas tradicionales deforestaron grandes extensiones ante el anuncio de la medida gubernamental de duplicar el hato vacuno y promover la exportación de carne a China. Las propiedades ganaderas desmontan para la producción de soya, maíz, sorgo y pastos. La exportación de carne ha crecido en los dos últimos años, superando 15 mil toneladas en 2020 y 18 mil toneladas el 2021. Estas cifras son modestas (no superan en valor los 100 millones de dólares anuales), pero los planes de exportación de carne exacerban la deforestación y atraen grandes capitales para el cambio del uso del suelo en las zonas de expansión de la frontera agrícola.

Implicaciones para el cambio climático

La agricultura basada en la deforestación es una de las principales intervenciones humanas que ejerce presión sobre los bosques de la Amazonia. Después de las zonas de ganadería y agricultura brasileña, Santa Cruz se constituye en el principal espacio geográfico transformado dentro de la cuenca amazónica. En consecuencia, el cambio del uso del suelo con las características descritas es una amenaza significativa para el cambio climático global.

A nivel departamental, el avance de la frontera agrícola y la deforestación tiene dos particularidades que podrían agravar en el futuro el cambio del clima. Primero, una parte significativa de los desmontes tienen continuidad territorial con las zonas previamente deforestadas, principalmente en torno a la zona núcleo. Esta continuidad territorial está consolidando extensas áreas con bosques primarios marginales y degradados. Es una transformación del paisaje a gran escala que probablemente conlleva riesgos climáticos desconocidos hasta el día de hoy. No debe perderse de vista que este paisaje transformado es contiguo al Chaco cruceño, por lo que, incluso, existen percepciones entre la población de que el clima árido y los arenales del sur estarían expandiéndose hacia la zona núcleo.

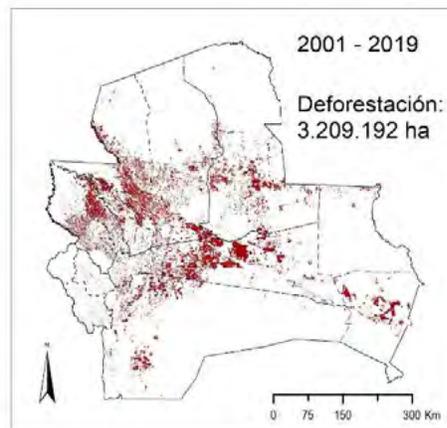
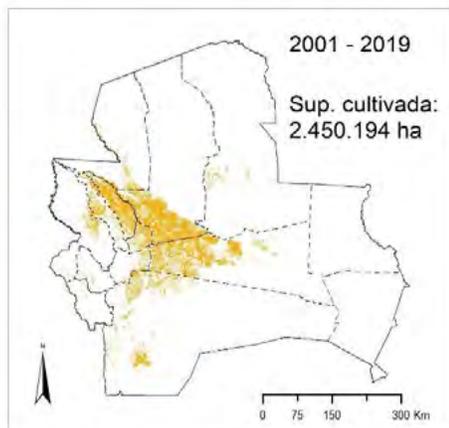
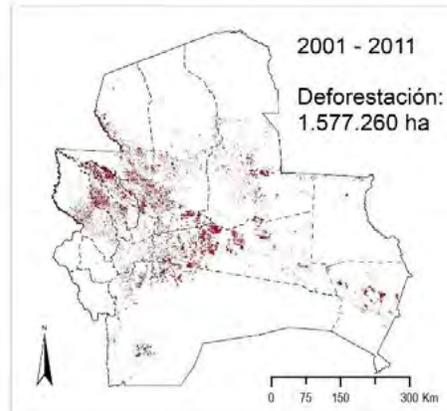
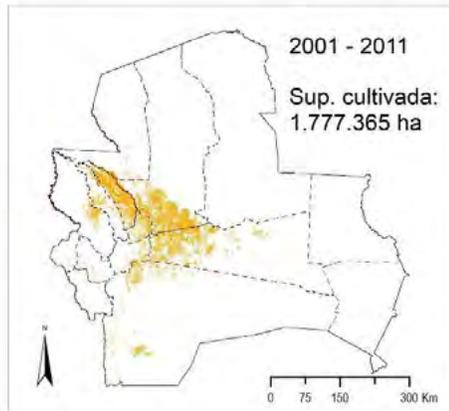
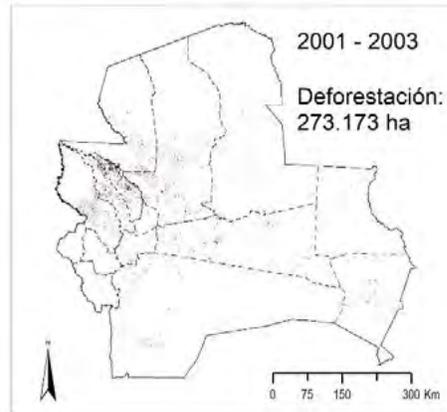
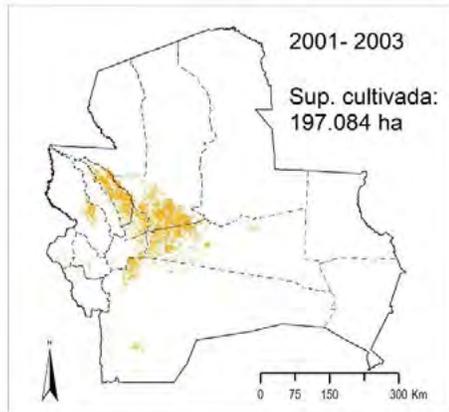
Segundo, la agricultura y la deforestación de las últimas dos décadas están avanzando mayormente hacia las zonas de expansión, siendo la Chiquitanía uno de los territorios amenazados. A diferencia del oeste cruceño, la Chiquitanía tiene grandes desventajas para adaptarse a las intervenciones con fines agropecuarios. Hemos visto que la temperatura aumenta y la precipitación disminuye a un ritmo más acelerado con respecto a la zona núcleo. La Chiquitanía tiene problemas de tipo estructural en cuanto a acceso y disponibilidad de agua, lo que parece ser más recurrente en los años recientes.

En resumen, se puede decir que los cambios agroambientales se producen a gran escala y a un ritmo acelerado. Este escenario tiende a agravarse con la expansión de las intervenciones humanas hacia territorios más vulnerables y frágiles.

4. INTERDEPENDENCIAS ENTRE CLIMA, AGRICULTURA Y DEFORESTACIÓN



Mapa 3. Santa Cruz: Solapamiento de la agricultura y la deforestación



Especialmente en Santa Cruz, las variables agricultura, deforestación y clima están estrechamente relacionadas y tienen interdependencias con implicaciones de diversa índole. La razón principal es que la tierra tropical tiene usos alternativos mutuamente excluyentes o competitivos: agricultura o bosques. La agricultura cruceña se expande necesaria e inevitablemente a costa de los bosques tropicales, es decir, provoca deforestación, lo que a su vez conlleva cambios en el clima. Con el tiempo, la transformación del paisaje ha sido permanente, acumulativa y acelerada. A su vez, el cambio de clima (global y local) provoca una retroalimentación amplificadora con connotaciones negativas, ocasionando disminuciones en los rendimientos agrícolas o en la fertilidad de los suelos.

En el apartado anterior, hemos visto que el crecimiento de la deforestación superó al aumento de las tierras cultivadas. El número de hectáreas desmontadas supera al número de hectáreas puestas en producción. Aunque la ganadería explica una buena parte de este comportamiento, todo indica que la agricultura mecanizada tiene efectos multiplicadores sobre los bosques. Los desmontes destinados a la sustitución de los suelos degradados y desertificados y los que afectan áreas con aptitud productiva limitada exacerban los impactos ambientales negativos. El sistema productivo se sostiene a costa de desmontes a mayor escala. Visto de otro modo, la deforestación se está utilizando para mitigar la insostenibilidad de la agricultura.

A continuación, vamos a ofrecer un balance sobre estas interrelaciones o interdependencias, retomando los resultados parciales presentados en las dos anteriores secciones.

Cambio del clima y deforestación

A nivel global, es sabido que la deforestación está entre las principales causas del cambio climático. Los bosques son considerados como sumideros de carbono debido a que absorben el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera. Cuando los bosques se talan o se pierden con los incendios forestales, no solo se pierde la capacidad de captura y almacenamiento de carbono, sino que también se libera

lo almacenado. Todo esto contribuye al aumento de gases de efecto invernadero, lo que intensifica el calentamiento global (Rodríguez et al., 2015). El informe de IPPC (2023) afirma que las actividades relacionadas con la agricultura en el periodo comprendido entre 2007 y 2016 representaron alrededor del 13 % de las emisiones de CO₂, el 44 % de las de metano (CH₄) y el 81 % de las de óxido nitroso (N₂O) a nivel mundial. Todo esto representa el 23 % del total de emisiones antropogénicas netas de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

A nivel de Santa Cruz, hemos mostrado que existe una relación directa: a mayor deforestación, mayor cambio del clima. Tanto el aumento de la temperatura media como la caída de la precipitación se produjeron en momentos y lugares con mayor presencia de deforestación. Los datos climáticos reflejan tanto los impactos del aumento de la deforestación como el avance del cambio climático global. El cambio acelerado del clima es mucho más evidente en las zonas de expansión de la frontera agrícola debido al rápido aumento de los desmontes y de las intervenciones humanas en áreas de alta fragilidad ambiental, como son los bosques secos de la Chiquitanía. El cambio de clima tiende a agravarse cuando la deforestación avanza hacia regiones con baja aptitud para la actividad agropecuaria o son más sensibles a la pérdida de bosques, como San Ignacio de Velasco, Guarayos o el corredor chiquitano San José de Chiquitos-San Rafael de Velasco-San Ignacio de Velasco.

El Cuadro 9 muestra temperatura media y precipitación media anual según tres áreas: deforestada, en transición y sin deforestar. Pertenecen a una franja geográfica relativamente pequeña, con características ecosistémicas similares y que se extiende entre los municipios de Cuatro Cañadas, Pailón y San José de Chiquitos. En cada área hemos seleccionado dos puntos de medición (seis en total) para obtener resultados promediados.

CUADRO 9. VARIACIÓN DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN ENTRE DÉCADAS

Según estaciones del año y grados de cobertura boscosa

	Temperatura media (°C)			Precipitación media (mm/año)		
	Seca	Húmeda	Anual	Húmeda	Seca	Anual
1. Área deforestada	1,00	1,16	1,09	-366,06	-87,63	-453,68
1981-1990	--	--	--	--	--	--
1991-2000	0,52	0,45	0,49	-93,12	-50,19	-143,31
2001-2010	0,31	0,07	0,19	-24,43	-62,57	-87,01
2011-2022	0,18	0,64	0,42	-248,51	25,13	-223,37
2. Área en transición	0,88	1,13	1,02	-331,10	-57,53	-388,63
1981-1990	--	--	--	--	--	--
1991-2000	0,49	0,50	0,49	-92,55	-42,90	-135,45
2001-2010	0,31	0,04	0,17	-33,39	-54,18	-87,57
2011-2022	0,09	0,59	0,35	-205,17	39,56	-165,61
3. Área sin deforestar	0,58	0,86	0,73	-253,76	-3,47	-257,23
1981-1990	--	--	--	--	--	--
1991-2000	0,36	0,43	0,40	-68,55	-21,87	-90,42
2001-2010	0,29	0,01	0,15	-47,98	-42,43	-90,41
2011-2022	-0,08	0,42	0,19	-137,23	60,83	-76,40

Fuente: Elaboración propia con datos climatológicos de temperatura obtenidos de POWER LARC-NASA.

En los 42 años, el aumento de la temperatura media es generalizado, pero alcanza registros más altos cuando la deforestación es mayor. Mientras el cambio acumulado alcanza 1,09 °C en el área deforestada, en el área sin deforestar se detiene en 0,73 °C. El área de transición se mantiene en un punto intermedio. Este patrón de comportamiento se reproduce también en las estaciones secas y húmedas. La estación húmeda incide mayormente en el incremento de la temperatura. Otra característica observada es que los cambios de la década 1991-2000 tienen mayor influencia en los aumentos de la temperatura en las tres áreas, con comportamientos levemente diferenciados en los años posteriores.

La precipitación promedio disminuye en todos los casos, siendo más acelerada en el área deforestada en comparación con el área en transición y el área sin deforestar. La brecha se amplía en las dos últimas décadas. También se observa que la pérdida de lluvias es acelerada en la última década, particularmente en la estación húmeda. Es notable que la menor precipitación no afecta solamente a las zonas con intervención humana o con desmontes, sino al área sin deforestar, que también sufre disminuciones significativas, aunque a un ritmo menor.

Lo anterior es una muestra no generalizable de los cambios en curso. Sin embargo, ofrece algunas pautas y tendencias más concretas sobre las interdependencias entre el clima y la deforestación en Santa Cruz. El cambio de clima no se limita a las zonas con deforestación permanente desde hace tres o cuatro décadas; al contrario, avanza a un ritmo mayor en las zonas de expansión. También se constata que la mayor presencia de bosques o zonas con vegetación permanente frena o ralentiza la degradación climática, pero no la detiene por completo. Harían falta estudios complementarios para conocer si esto último se repite o no en áreas boscosas de mayores extensiones o en áreas menos expuestas al avance de la agricultura mecanizada.

Cambio del clima y agricultura

Además de causar deforestación, la agricultura a gran escala genera en sí misma gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). Las emisiones están relacionadas con el uso masivo de combustibles fósiles para la maquinaria agrícola, las quemas de barbechos o pastizales, la ganadería y el uso de fertilizantes nitrogenados (Muñoz, 2020). Además, la agricultura modifica la distribución y disponibilidad de agua, lo que puede acelerar el agotamiento de los ecosistemas acuáticos.

La mecanización del agro cruceño ha crecido de forma paralela con la expansión de las tierras cultivadas. El censo agropecuario 2013 contabilizó 240.195 unidades de distintos tipos de maquinaria agrícola en el

departamento de Santa Cruz, siendo las más numerosas los equipos de fumigación, sembradoras, cosechadoras, segadoras o cortadoras, tractores de uso múltiple y carros de arrastre. Según datos el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE), la importación de maquinarias agrícolas ha tenido un crecimiento sostenido desde inicios de la primera década del siglo en curso, alcanzando su punto más alto el 2014 con un valor de 214 millones de dólares. Entre 2001 y 2010, la importación acumulada alcanzó a 420 millones de dólares y en la década 2011-2020 sumó 1.579 millones de dólares (IBCE 2021). El sector de granos (soya, sorgo, arroz y maíz) concentra el 70% de la maquinaria agrícola.

La mecanización también aumentó el consumo de combustibles fósiles, principalmente del diésel que se usa para las maquinarias agrícolas y el transporte terrestre de la producción destinada a la exportación. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2015), el sector agrícola de Bolivia duplicó su consumo de diésel entre 2006 y 2015, alcanzando el 40% del total, seguido por el transporte (54%) y la industria (6%). En 2021, el Gobierno Nacional desembolsó 1.500 millones de dólares para la importación de dos millones de toneladas de diésel y 612 millones de dólares para 725 mil toneladas de gasolina. En 2022, la importación de combustibles llegó a la cifra récord de 4.079 millones de dólares, lo que significa que Bolivia llegó a desembolsar el doble de dólares para el abastecimiento interno de gasolina y diésel. Según las autoridades de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), la subvención actual representa el 41% del valor total; es decir, unos 2.000 millones de dólares anuales. Debido a los problemas de abastecimiento de diésel, Bolivia ha planeado, desde hace cinco años, la producción de biodiésel para sustituir las importaciones y reducir el gasto público.

En suma, la agricultura intensiva en el uso de maquinarias y el consumo de combustibles fósiles tiene impactos en el cambio climático global y sobre todo el cambio de clima a nivel departamental. Al ser una agricultura en expansión, los impactos son acumulativos y crecientes.

A su vez, el cambio climático tiene efectos directos sobre esta agricultura. La literatura no solo identifica impactos negativos sino también positivos sobre la agricultura, como el aumento de productividad a causa del calentamiento, mayores rendimientos por el aumento de la temperatura o las posibilidades de introducir nuevos cultivos. Sin embargo, este tipo de consecuencias posibles están mayormente asociadas a las regiones de clima frío y no tropicales (Lawrence y Vandecar, 2014). No es el caso de Santa Cruz.

En la región cruceña, al ser una región de altas temperaturas y precipitaciones por encima de 1.000 mm anuales, los estudios globales y regionalizados para la región del monzón sudamericano (SAM) indican que el calentamiento global reducirá la calidad y cantidad de cosechas, además del acortamiento de los periodos de crecimiento debido a la menor duración de las estaciones húmedas en la campaña de verano o al déficit hídrico en la campaña de invierno que se alarga hasta finales de cada año.

La reducción de la fertilidad de los suelos, el aumento de la erosión de los suelos debido a eventos climáticos extremos y una mayor resistencia de las plagas forman parte de los impactos relacionados con el cambio del clima. Los agricultores están cada vez más preocupados por estos fenómenos, cuya presencia creció aceleradamente en los últimos años.

“Yo me acuerdo cuando llegué a San Julián, las lluvias empezaban en septiembre y terminaban el febrero, marzo, llovía, llovía y los fríos llegaban dos meses y se acababan también. O sea, en una época era tan bonito, había para cazar, para pescar. Después ya aparecieron, el gobierno dio un crédito y se hizo cultivar las tierras. Ahora ya es triste, la lluvia no llega en noviembre, en diciembre, sigue invierno, sigue frío ya es lamentable, son consecuencias que uno mismo lo ha hecho” (Productor de ACIPA S.J., Santa Cruz, 18 de septiembre de 2022).

“En campos de soya son 120 radios de vientos, las plantas no aguantan. No hay estudios sobre los vientos. Hace tres o cuatro años, cada año los vientos son fuertes, entonces hay momentos que llegan hasta 110, 120 rasgos de reviento, qué planta va a faltar eso, todo lo que se va a ver si lo golpea lo daña también y está en el suelo todo eso por los cambios climáticos”, (CAPPO, Ciudad de Santa Cruz, 20 de septiembre de 2022).

El aumento de plagas ha provocado en el uso agresivo de plaguicidas y la proliferación de cultivos GM no legales en Bolivia. La importación de plaguicidas aumentó significativamente en los últimos años, pasando de 932 millones de dólares acumulados en el periodo 2001-2010 a 2.163 millones de dólares en la década 2011-2020 (INE y COMEX, 2023). La alta dependencia de los plaguicidas está llevando a la adopción de políticas agropecuarias orientadas a la masiva introducción y autorización de cultivos GM, como la soya resistente al glufosinato de amonio, dicamba y otros agroquímicos más peligrosos y contaminantes, o como el uso del maíz Bt modificado para tolerar insectos y herbicidas con glifosato como ingrediente activo, caña de azúcar GM, trigo GM, y algodón GM (CEDIB, 2019).

“Se tiene que aplicar mucho plaguicida. Puede que el rendimiento se mantenga, pero el costo de inversión es mayor, es decir se gasta más. ¿Cuántas veces se fumiga? Depende del tiempo, depende de la sequía, de la humedad también. Entonces hay diferentes formas de aplicar y para que salga bien ese producto, para que tenga buen rendimiento mínimo, cuatro a seis veces” (Productores Cañeros, Municipio Montero, 15 de septiembre de 2022).

Los eventos extremos, como las sequías e inundaciones, son fenómenos cada vez más recurrentes. Las pérdidas de cosechas por sequías y por inundaciones protagonizan las noticias del sector agropecuario. En los hechos, entre las medidas o estrategias de adaptación están la disminución de los cultivos de maíz, el aumento de la producción de sorgo en tierras soyeras para mitigar las pérdidas de fertilidad, la menor producción de arroz, entre otros. Estos cambios son negativos en términos de seguridad alimentaria para el país.

Retos pendientes a escala local y regional

En general, existe una considerable colección de estudios climatológicos que indican que la deforestación tropical influye a nivel local, regional y global (Paredes 2022, Lawrence 2014, ONUR 2020, Smith et al., 2023). La deforestación afecta la variabilidad del clima, disponibilidad del agua y sistemas agroalimentarios. Aunque la deforestación a gran escala está asociada al aumento del calentamiento y la sequía de las áreas afectadas, existen muchos otros factores que determinan el grado de sensibilidad climática ante los cambios en el uso del suelo, como el tipo de suelo, vegetación, topografía, climatología o distribución espacial de tierra y agua. Esta es una de las razones que limita la predicción de las consecuencias de la deforestación o de la agricultura basada en la deforestación por medio de la extrapolación de los resultados de estudios similares realizados en otras regiones o utilizando modelos globales o a escalas macroregionales (Saad et al., 2010).

Entonces, si bien la deforestación afecta a distintos niveles, la gravedad de las consecuencias dependerá de los patrones de comportamiento, tasas y escalas de los desmontes. No será lo mismo las consecuencias de los desmontes totales que de los parciales. Por ejemplo, Medvigy et al (2013) estudiaron los posibles resultados de la deforestación completa y de la parcial que podría llegar a afectar el 40% de la región hasta el año 2050. Para el caso de deforestación completa de la Amazonia, este trabajo predijo una baja reducción en precipitación (-62 mm/año), con tendencias más secas en el noroeste y más humedad en el sudeste de la región. También predijo que el impacto sobre las lluvias es mayor con respecto a la deforestación parcial y que los impactos se multiplican fuera de la Amazonia, algo que no ocurriría en el escenario de deforestación parcial. Una conclusión relevante de este trabajo es que las alteraciones climáticas se tornan críticas cuando la deforestación se sitúa por encima de 30% a 40% sobre el total de la Amazonia.

La concentración o la dispersión de las áreas deforestadas es otra variable a tener en cuenta. Como es de esperar, trabajos como de Nobre et al (2009) concluyen que la deforestación completa o continúa puede reducir la precipitación entre el 26% al 42%, siendo la mitad el efecto cuando están entremezclados bosques y desmontes, lo que sugiere la importancia de la distribución intercalada entre las zonas de agricultura y zonas forestadas de igual o mayor tamaño. En todo caso, estos estudios a escala regional recomiendan que, en cada zona específica, como sería Santa Cruz, se requieren estudios especializados que identifiquen cuál es el punto crítico de desmontes para no transitar hacia el escenario de cambios drásticos e irreversibles.

Tanto las mediciones basadas en modelos como en observaciones coinciden en que la deforestación amazónica eleva la temperatura superficial y la evapotranspiración, esta última incluso en desmontes destinados a pasturas. Los bosques, incluso en periodos secos, siguen alimentando las recargas de las nubes de lluvias mediante una mayor evapotranspiración con respecto a las áreas desmontadas. Sin embargo, es evidente que, para conocer con mayor precisión las interdependencias a escala local o subregional, se necesitan mediciones más detalladas y modelos climáticos a menor escala; todo, con el objetivo de conocer las interrelaciones entre el clima, la agricultura y la deforestación. En otras palabras, las interdependencias entre el ciclo de agua y el balance energético.

5. PROYECCIONES Y ESCENARIOS FUTUROS



¿Cuáles son los escenarios futuros del cambio climático? Lo que suceda en los próximos años y décadas depende de la combinación de múltiples factores interrelacionados que pueden influir, ya sea para mantener la tendencia actual, acelerar o desacelerar la crisis climática. A nivel global, dependerá de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), políticas y acciones de mitigación, medidas de adaptación, cambios tecnológicos, cumplimiento de compromisos internacionales, entre otros factores. Sin embargo, como no existe certeza sobre los eventos futuros, los científicos del clima proyectan escenarios alternativos y diferenciados entre sí por una serie de supuestos sobre los posibles comportamientos de factores interrelacionados.

A escala departamental, dependerá fundamentalmente de las políticas y acciones agroambientales, medidas de regulación de la deforestación, tanto ilegal, como legal, de las prácticas agrícolas, del cambio de uso del suelo y otras causales relacionadas. El futuro del cambio climático de Santa Cruz no sólo depende del calentamiento global, sino también de las intervenciones humanas para la expansión agropecuaria a expensas de los bosques.

Existen varias combinaciones posibles de los factores que intervienen, y cada combinación marcará una trayectoria de cambio o un escenario futuro.



Vista general de la Laguna Concepción
Fotografía FCBC

Trayectorias de cambio

Para las proyecciones del cambio del clima, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) diseñó los escenarios futuros de las emisiones y las posibles trayectorias de cambio. Inicialmente desarrolló las llamadas “trayectorias de concentración representativas” (RCP, por sus siglas en inglés) para identificar los caminos alternos para las concentraciones de gases de efecto invernadero y los niveles de calentamiento global que podrían ocurrir hasta el año 2100. Los escenarios RCP más conocidos son tres:

- **RCP 2.6, optimista.** Supone un mundo con una fuerte declinación de las emisiones, donde se implementan políticas estrictas para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, de modo que las concentraciones de gases se estabilizan a mediados de siglo y luego comienzan a disminuir. La meta es que calentamiento global se mantenga por debajo de 2 °C en comparación con los niveles preindustriales.
- **RCP 4.5, intermedio.** Representa un escenario de lenta declinación de las emisiones en el que se implementan políticas y medidas moderadas, en el que las concentraciones atmosféricas aumentan a un ritmo más lento. Aunque se espera que el calentamiento global supere los 2 °C, habría cierto margen para la adaptación a un calentamiento global en torno a 2,4 °C.
- **RCP 8.5, pesimista.** Este escenario supone que no se toman medidas significativas y las concentraciones atmosféricas continúan aumentando rápidamente, provocando un calentamiento global que supera los 4 °C. Las consecuencias asociadas son de alto riesgo, con severos impactos climáticos, aumento del nivel del mar, eventos climáticos extremos y alteraciones de gran alcance en los ecosistemas (IPCC, 2014).

Recientemente, el IPCC presentó cinco “trayectorias socioeconómicas compartidas” (SSP, por sus siglas en inglés) para analizar las consecuencias del desarrollo socioeconómico futuro en términos de mitigación del cambio

climático, adaptación y uso de la tierra. De estas cinco SSP, tres son a menudo utilizadas en combinación con los escenarios RCP mencionados.

- **Trayectoria SSP1 de desarrollo sostenible.** Supone el camino verde, donde el mundo avanza hacia el desarrollo sostenible, inclusivo y respetando los límites ambientales. La SSP1 presenta un nivel bajo de desafíos de mitigación y adaptación.
- **Trayectoria SSP2, la mitad del camino.** El mundo sigue un camino que no se aparta mucho de los patrones históricos. El desarrollo y el crecimiento de los ingresos avanzan de manera desigual entre los países. Los objetivos de desarrollo sostenible avanzan lentamente. El crecimiento de la población mundial es moderado y se estabiliza en la segunda mitad del siglo. La SSP2 presenta un nivel medio de desafíos de mitigación y adaptación.
- **Trayectoria SSP5 de desarrollo impulsado por combustibles fósiles.** Un mundo de mercados competitivos, innovación y rápido progreso tecnológico. Los mercados globales son más integrados. El impulso por el desarrollo económico y social se combina con la explotación de abundantes recursos de combustibles fósiles y la adopción de estilos de vida intensivos en recursos y energía en todo el mundo. La SSP5 presenta un nivel alto de desafíos de mitigación, pero un nivel bajo de desafíos de adaptación (IPCC 2023).

Sobre la base de estas trayectorias y escenarios futuros del cambio climático, se desarrollaron varios modelos climáticos que analizan los datos históricos y proyectan las tendencias de cambio. Sin embargo, debido al alto grado de complejidad que conlleva el análisis del clima, las estimaciones más avanzadas y desarrolladas están a escala global o macro, luego a escala regional y en menor medida, a escala local o para áreas geográficas específicas como el departamento de Santa Cruz. Los estudios a nivel regional y micro están sujetos, inevitablemente, a mayores incertidumbres debido a que las limitaciones aumentan en relación con: i) la recopilación de datos históricos sobre el clima (temperaturas, precipitaciones, concentraciones de gases y otros), que sigue

siendo incompleta o insuficiente, ya sea mediante mediciones meteorológicas o información satelital; ii) los modelos climáticos, que se complejizan porque simulan una gran cantidad de información sobre la interacción entre la atmósfera, los océanos, la criósfera y otras variables regionales o locales; iii) los escenarios de emisiones futuras, que dependen de previsiones o medidas, tanto nacionales, como globales sobre el crecimiento económico, avance tecnológico, cambio demográfico, políticas ambientales y otros.

Estas limitaciones llaman a la cautela al momento de procesar e interpretar los datos a nivel del departamento de Santa Cruz, pero no constituyen obstáculos infranqueables para reportar cómo podría cambiar el clima en el futuro para los cruceños, por medio de la utilización de la información generada por los modelos climáticos, según las trayectorias y los escenarios futuros de emisiones. El análisis cauteloso de los posibles futuros tiene la gran ventaja de ofrecernos una imagen general de los cambios climáticos para Santa Cruz y los riesgos relacionados.

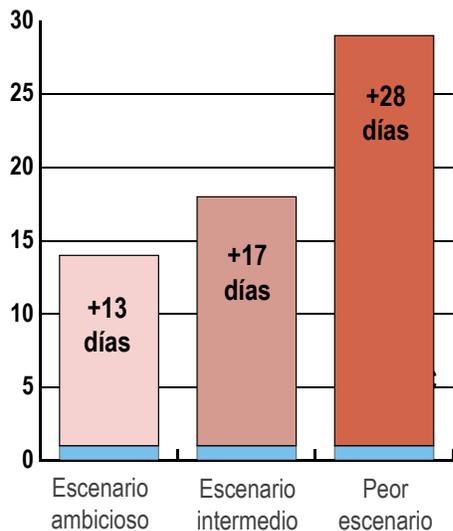
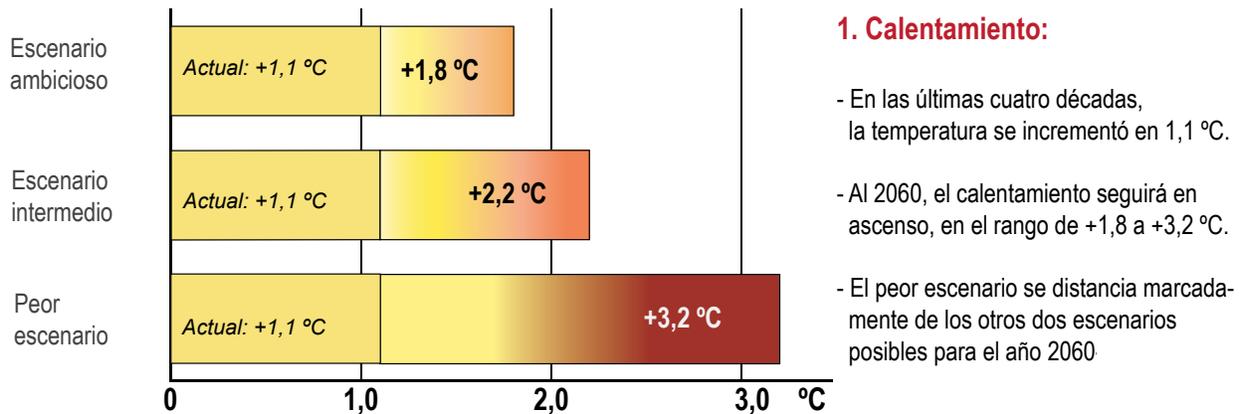
Proyecciones del clima al año 2060: ¿Cómo será Santa Cruz en 40 años?

Sobre la base de lo expuesto, ahora presentamos los resultados alcanzados en este trabajo sobre los posibles escenarios futuros para el departamento de Santa Cruz para cuatro variables climáticas seleccionadas: temperatura media, precipitación media, número de días al año con temperaturas que superan los 40 °C y días consecutivos de sequía (menos de 1 mm). Para una lectura contextualizada, hemos situado a Santa Cruz dentro del sistema climático regionalizado de referencia: la región del “Monzón Sudamericano” (SAM) que, según el último informe global del IPCC (2023), se caracteriza por ingresos de vientos desde el Océano Atlántico, asociados con cambios en la presión superficial e intensas precipitaciones durante el verano austral (diciembre-enero-febrero). La región SAM cubre la totalidad del territorio cruceño y abarca territorios amazónicos de Brasil y en menor grado el norte de Perú. La principal ventaja de ubicar a Santa Cruz dentro de la SAM es que el IPCC provee información científica actualizada.

Los resultados se basan en tres fuentes de información: i) los datos históricos sistematizados y expuestos en la sección 2 de este trabajo, ii) los datos históricos y proyectados del IPCC (2023) para la región del “Monzón Sudamericano” o SAM, y iii) las proyecciones climáticas de la plataforma especializada del Banco Mundial para el departamento de Santa Cruz a partir de la aplicación de los últimos reportes de IPCC.

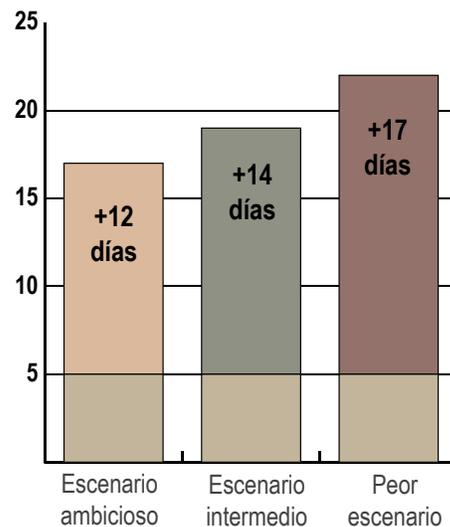
Las proyecciones para Santa Cruz se estimaron para tres escenarios que combinan las trayectorias de emisiones y socioeconómicas: i) El SSP1-26 como el **Escenario Ambicioso** donde se asume que el nivel de calentamiento global está debajo de 2 °C para el año 2100 (tal como se estableció en el Acuerdo de París); ii) El SSP2-45 como el **Escenario Intermedio**, y iii) El SSP5-85 como el **Peor Escenario** donde convergen los altos niveles de emisiones con una temperatura global entre 4 a 5 °C. Se entiende, por ejemplo, que el Escenario Ambicioso (combinación de RCP optimista y SSP de desarrollo sostenible) es deseable por encima de los otros dos “mundos posibles” con crisis climática mucho más severa.

GRÁFICO 10. SANTA CRUZ: SÍNTESIS DE LOS PRINCIPALES CAMBIOS CLIMÁTICOS AL 2060



2. Días de calor extremo:

- Actualmente, existen 3 días por año con temperaturas máximas por encima de 40 °C.
- Al 2060, los días extremos aumentarán entre 13 a 28 días, dependiendo del escenario.
- Probablemente, este es el peor cambio del clima que experimentará Santa Cruz.



3. Días consecutivos de sequía:

- En las últimas cuatro décadas, los días consecutivos de sequía se incrementaron en 5 días por año.
- Al 2060, el periodo seco se alargará entre 12 a 17 días, especialmente entre los meses agosto y octubre.
- La Chiquitanía será una de las zonas cruceñas más afectadas.

CUADRO 10: SANTA CRUZ Y REGIÓN SAM: PROYECCIONES AL AÑO 2060

Temperatura, lluvia y sequía

	Datos históricos			Variación (+/-) al año 2060 según escenarios futuros		
	1981-1990	2011-2022	Variación (+/-)	SSP1-2.6 Ambicioso	SSP2-4.5 Intermedio	SSP5-8.5 Peor escenario
1. Temperatura media (°C)						
Región SAM	23,4	24,4	1,0	1,9	2,4	3,1
Santa Cruz	24,6	25,7	1,1	1,8	2,2	3,2
2. Días de más de 40 grados						
Región SAM	1	4	3	8	14	21
Santa Cruz	menor a 1	3	2	13	17	28
3. Precipitación anual (mm)						
Región SAM	1.775	1.815	40	13	-20	-56
Santa Cruz	1.446	1.054	-392	-128	-134	-158
4. Días seguidos de sequía						
Región SAM	65	74	9	11	13	15
Santa Cruz	27	32	5	12	14	17

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, 2023; Atlas de IPCC, 2023.

Calentamiento (temperatura y días calurosos)

En el escenario ambicioso (o deseable), el incremento de la temperatura media se acercará a los 2 °C para el año 2060, tanto para la región SAM como para Santa Cruz. Los datos históricos y proyectados muestran que, prácticamente, ambas zonas tienen y tendrán el mismo patrón de comportamiento en cuanto al calentamiento. En las anteriores cuatro décadas aumentó 1 °C y en las próximas cuatro prevé un aumento de +1 °C. La diferencia está en que Santa Cruz actualmente tiene un promedio superior a SAM (25,7 °C frente a 24,4 °C), lo que significa que el escenario climático actual y futuro es menos favorable en el departamento. Tampoco se debe perder de vista que las zonas de expansión de Santa Cruz tienen un desempeño climático más adverso y con tendencia al calentamiento acelerado.

Los días calurosos con 40 °C o más no eran nada comunes en el pasado. En la década de los 80, los registros históricos muestran tan solo un día al año para la región SAM y para Santa Cruz. Sin embargo, en 40 años, aumentó en dos y tres días, respectivamente. Aunque siguen siendo pocos días en total y en el tiempo, los cambios significativos se presentan a la hora de proyectar los escenarios futuros para el año 2060. En el escenario ambicioso se prevé un aumento de ocho días para la región SAM, de modo que habrá nueve días por año con temperaturas máximas por encima de 40 °C. Para Santa Cruz, la situación se agrava un poco más. De menos de un día anual de los 80 transitó a tres días anuales para la última década y se espera 13 días adicionales para el año 2060. En otras palabras, Santa Cruz pasará de un escenario actual de tres días anuales con temperatura máxima mayor a 40 °C a un escenario de 14 días anuales para el año 2060.

En el escenario intermedio, todas las cifras crecen, aunque sin distanciarse significativamente del escenario ambicioso. Las proyecciones intermedias están más cerca del primer escenario. Lo llamativo son los cambios proyectados para el "peor escenario" donde se espera que los días calurosos se incrementen en 21 días a nivel regional y 28 días para el territorio cruceño. Estas proyecciones muestran la severidad de los cambios futuros si no se toman medidas y acciones climáticas. El peor escenario es una situación preocupante porque es casi el reflejo de las prácticas actuales y del camino que sigue Bolivia, apuntando a una mayor sobreexplotación de los recursos naturales.

Lluvias y sequías

En todos los escenarios, existen divergencias entre las proyecciones para la región SAM y Santa Cruz. Mientras a nivel regional se prevé cambios prácticamente nulos en precipitación y sólo un leve incremento en sequías, para Santa Cruz se pronostica que la precipitación seguirá declinando, aunque a un ritmo menor y que los periodos consecutivamente secos se irán alargando. Nótese que en la región SAM, solamente en el peor escenario, disminuirán las lluvias en un -3% con respecto al promedio de los años 80, mientras que en el mismo escenario, la caída de lluvias llegaría a -158 mm

para Santa Cruz. Estas proyecciones son relativamente consistentes con los ritmos y las variaciones históricas. La región SAM no se caracteriza por cambios significativos en el pasado, pero Santa Cruz tiene una trayectoria de transición de climas húmedos a climas secos o menos húmedos.

Es importante aclarar que los registros históricos de precipitación de Santa Cruz expuestos en la sección 2 difieren de las proyecciones desarrolladas por el Banco Mundial que oscilan entre 1.100 mm y 1.340 mm anuales para el periodo 2015-2022. Caben varias explicaciones razonables, principalmente relacionadas con la cobertura geográfica y métodos de cálculo. Mientras este estudio se concentra en áreas con mayor intervención humana, el BM toma todo el departamento, por lo que es de esperar que reporte cifras distintas. Por esa misma razón, las proyecciones al año 2060 para los tres escenarios, exponen menores tasas de disminución de lluvias (entre -9% a -11%). Aunque parecen cifras poco alarmantes, la tendencia negativa se alinea con las trayectorias históricas y las conclusiones de este estudio.

En el pasado, los días consecutivamente secos al año se incrementaron de 27 a 32 en el departamento de Santa Cruz (1980-2022). Las proyecciones al año 2060 muestran que aumentará en 12 días más para el escenario ambicioso, 14 días para intermedio y 17 días para el peor escenario. Al 2060, de 32 días actuales podría ampliarse y oscilar entre 39 a 44 días consecutivos de sequía por año. Con respecto al periodo base de comparación (década de los 80), para el año 2060, los días consecutivamente secos habrán aumentado en 52% para Santa Cruz, en el escenario intermedio. Comparado con la región SAM, las variaciones son similares en número de días, con la diferencia de que las estimaciones regionales son más del doble de días consecutivos: 65 días en los 80 para SAM, frente a 27 días en Santa Cruz. Los registros más altos de la región SAM están fuertemente influenciados por el clima mayormente seco de grandes áreas de Mato Grosso (Brasil).

Estos datos proyectados concuerdan con el análisis expuesto en la sección 2 de este trabajo y complementan las conclusiones parciales extraídas hasta ahora. Santa Cruz, a pesar de formar parte de la región sudamericana de clima

tropical y húmedo, peligrosamente, está dejando de ser una zona de clima húmedo y semi-húmedo para convertirse en una zona semi-árida o incluso árida en las áreas de expansión. El comportamiento diferenciado de la precipitación cruceña, con respecto a la región SAM, ha evidenciado con datos que los ciclos de lluvia son altamente dependientes de los cambios del uso del suelo del propio departamento. En breve, la menor evapotranspiración de las áreas deforestadas tiene efectos directos sobre las mismas áreas.

El futuro climático de Santa Cruz

Respecto al calentamiento, el patrón de comportamiento climático de Santa Cruz es bastante similar al del pasado y al de la región SAM en cuanto a tendencia y ritmo. El calentamiento histórico alcanzó 1,1 °C en 40 años anteriores y oscilaría entre 1,8 °C al 3,2 °C para finales de 2060. Esto significa que la temperatura promedio de la última década (25,7 °C) aumentará sin duda y podría oscilar en el futuro en el rango de 26,5 °C a 27,9 °C. A este ritmo, en cualquier escenario, es de esperar que para el año 2100 el calentamiento cruceño esté fácilmente por encima de 3 °C. A nivel global, los estudios climáticos alertan que estos niveles de cambio tienen graves y complejas consecuencias, pero sigue siendo complicado el identificar con seriedad los verdaderos alcances o las implicaciones específicas para el departamento de Santa Cruz.

Un dato que ofrece una ventana concreta para echar una mirada al futuro cruceño es el que reporta los días con temperaturas máximas de más de 40 °C. Según los tres escenarios de proyección, Santa Cruz tendrá entre 14 a 29 días calurosos para el año 2060. El cambio es significativo en comparación con los actuales tres días anuales con temperaturas máximas de 40 °C o más. Estos extremos se presentaron y seguirán presentándose sobre todo en los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Complementariamente, está el dato de los días seguidos de sequía. En los años 80, eran 27 días anuales; actualmente son 32 días y para el año 2060 se prolongará a 39 días (en el escenario ambicioso) y 44 días (en el peor escenario).

El problema de largos periodos secos ya se complicó en los últimos 40 años y seguirá empeorando en similar lapso de tiempo a futuro. Incluso, en el escenario ambicioso u optimista, no se observan resultados marcadamente distintos al camino intermedio y al peor escenario.

En pocas palabras, podemos decir que el futuro climático de Santa Cruz depende de sí mismo. Ciertamente, el departamento cruceño es víctima del cambio climático global, sobre todo por la alta incidencia del calentamiento generalizado, pero las principales causas están asociadas al doble impacto provocado por la deforestación y la agricultura. Estos últimos factores tienen un efecto localizado que no ocurre necesariamente en otras regiones, del país o del mundo, transformadas significativamente por intervenciones humanas. Por ejemplo, las emisiones de carbono (CO₂) del parque automotor en las grandes ciudades, como La Paz o Cochabamba, ciertamente inciden en el calentamiento global, pero no alteran directamente (o alteran en menor medida) los ecosistemas de la misma hoyada paceña o de la cuenca urbana de Cochabamba.

El futuro climático no es alentador si siguen vigentes las políticas y medidas que están orientadas a la consolidación y expansión del modelo agropecuario a costa del bosque. El escenario político tampoco parece promisorio debido a la actual convergencia de intereses entre el Gobierno Nacional y los gremios agropecuarios del oriente. El Gobierno Nacional mantiene sin modificaciones las facilidades y los incentivos que existen para el crecimiento de la exportación de soya debido a su importancia económica en el comercio exterior poco diversificado y dependiente de la exportación de materias primas (gas, minería y agricultura sojera). Por su parte, los agropecuarios tienen incentivos económicos estables en el mercado internacional y en el sector energético. El precio internacional de la soya se mantiene en torno a 570 dólares americanos en los últimos tres años, lo que genera márgenes de ganancia por encima del promedio nacional (Colque 2020). La demanda de soya, caña de azúcar y otros sigue en ascenso debido a la política boliviana de producción de biocombustibles.

Finalmente, cabe advertir sobre la existencia de un fenómeno poco documentado y estudiado, pero bastante visible empíricamente. Los desmontes de bosques en zonas con aptitud limitada para la agricultura a mediano y largo plazo están provocando el aumento de las tierras degradadas, abandonadas o marginalmente utilizadas para el pastoreo de ganado. Existen desmontes destinados solamente a dos o tres ciclos de producción, que luego son abandonados. Esto significa que crecen y crecerán todavía más las brechas entre los costos ambientales y climáticos y los beneficios económicos de la agricultura cruceña.

En los términos que se utilizan para describir escenarios climáticos del futuro, Santa Cruz se enfrenta a los escenarios climáticos más desafiantes. En cuanto a trayectorias socioeconómicas, la presión demográfica crece a un ritmo sin precedentes sobre los bosques y las tierras cruceñas. Al tiempo que el Gobierno Departamental celebra que la región habría alcanzado una población por encima de 4 millones de habitantes, no se percibe tal crecimiento como un factor de riesgo para la sobreexplotación de los recursos naturales (ICE 2023). De igual forma, los bosques cruceños tienen cientos y miles de comunidades campesinas nuevas con autorizaciones de asentamientos humanos y se constituyen en otro factor de presión. La agricultura de exportación atrae inversiones extranjeras, grandes empresas agropecuarias, colonias menonitas, asentamientos de comunidades, nuevos propietarios en tierras fiscales y otros.

Aunque los ingresos per cápita mejoraron en la región, persisten las desigualdades en el sector agropecuario caracterizado por la coexistencia de pequeños propietarios de la tierra que controlan la menor parte de los suelos agrícolas y grandes propietarios que concentran el control de los recursos naturales. Los patrones actuales de consumo y producción no muestran señales de cambio.

La adopción de prácticas sostenibles en el agro cruceño sigue siendo un tema pendiente.

Potenciales respuestas y medidas

Existen muchas respuestas posibles para combatir el cambio climático y sus consecuencias, desde medidas genéricas, hasta propuestas específicas. Sin embargo, la existencia de respuestas y propuestas no implica que necesariamente sean aplicables o que estén libres de obstáculos y limitaciones de todo tipo. Los desafíos de mitigación y adaptación al cambio climático, a menudo, suelen ser considerados como contraproducentes o innecesarios desde la perspectiva económica. Una prueba de ello es que la gran mayoría de los productores agropecuarios se concentraron en lo económico y descuidaron los componentes ambientales y el desarrollo sostenible. Algunos están cambiando de a poco sus desafíos prioritarios hacia la necesidad de mejorar la gestión de la tierra y adoptar medidas para contrarrestar la desertificación y la degradación de los suelos. En algún punto, los productores tendrán que interesarse por lo ambiental y sostenible porque cada vez será más determinante para lo productivo, lo que significa que las respuestas más factibles podrían ser aquellas que respondan a ambos fines; es decir, para enfrentar los desafíos ambientales y los desafíos productivos.

Para identificar las posibles medidas integrales, a continuación, se expone y valora de forma cualitativa algunas de las respuestas potenciales para enfrentar los desafíos climáticos y productivos. El Cuadro 11 muestra una gama de opciones de respuestas no basadas en la expansión agresiva de la frontera agrícola. Algunas soluciones podrían depender todavía de desmontes, pero tendrían que ser de menor intensidad y los resultados netos ser positivos. Las magnitudes del impacto se clasifican entre insignificante, pequeño, moderado y grande, tanto en sentido positivo, como negativo. Las calificaciones se basan en las conclusiones del equipo multidisciplinario involucrado en este trabajo.

Una respuesta clave que destaca para la gestión sostenible de la tierra y bosques es el incremento de productividad agropecuaria. Al respecto, una constatación objetiva es que la agricultura cruceña tiene baja productividad y sufre estancamiento en los últimos años.

CUADRO 11. CONTRIBUCIÓN DE LAS POSIBLES RESPUESTAS

A los desafíos climáticos y agropecuarios

Sectores	Respuestas	Mitigación	Adaptación	Degradación/ desertificación	Rendimiento agrícola
Agricultura	Mayor productividad agroalimentaria				
	Recuperación de rompevientos				
	Mejor gestión de tierras cultivadas				
	Diversificación agrícola				
	Reducción de quemas de pastizales				
	Menor conversión de tierras de cultivo a pastizales				
Bosques	Menor deforestación de bosques				
	Gestión mejorada de bosques				
	Prevención de incendios forestales				
Suelos	Menor erosión de los suelos				
	Menor salinización de los suelos				
	Menos compactación				
	Mayor conservación de humedad				
Otros ecosistemas	Gestión integral de quema y tala mecanizada				
	Restauración o menor conversión de humedales				
	Restauración de acuíferos				

Impacto		Mitigación En emisiones de carbono (CO2)	Adaptación En número de personas	Degradación/ desertificación de suelos en superficie	Rendimiento agrícola Valor por hectárea
Positivo ↑	+ Alto	Alta reducción	Positivo para la mayoría	Muy beneficioso	Aumento significativo
	+ Moderado	Mediana reducción	Relativamente positivo	Beneficio medio	Aumento leve
	+ Bajo	Baja reducción	Positivo para la minoría	Poco beneficioso	Aumento marginal
	Insignificante	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto	Sin efecto
Negativo ↓	- Bajo	Aumento leve	Negativo para la minoría	Poco negativo	Reducción marginal
	- Moderado	Aumento significativo	Relativamente negativo	Negativo medio	Reducción leve
	- Alto	Aumento alto	Negativo para la mayoría	Muy negativo	Reducción severa

Fuente: Elaboración propia.

La baja productividad agrícola se traduce en la puesta en producción de nuevas tierras, en lugar de impulsar la prevención y reducción de la degradación de los suelos. Pero la deforestación no es una respuesta sostenible ni integral. Por eso, una respuesta sostenible sigue siendo el aumentar la productividad mediante la gestión integral para contrarrestar los impactos adversos del cambio climático y, también, para contribuir a la mitigación y adaptación a mediano y largo plazo.

La recuperación de las cortinas rompevientos y/o frenar su desaparición es otra de las soluciones que conlleva efectos positivos de doble impacto, ya que contribuye a la lucha contra el cambio climático y también influye positivamente en la producción y productividad agrícola. Puede también evitar, reducir e incluso revertir los procesos de desertificación y pérdida de fertilidad del suelo. Aminora la resistencia a las plagas. Santa Cruz, al estar expuesto a corrientes de vientos que corren por la llanura, es sensible a los efectos negativos de ese fenómeno. Los rompevientos conforman "muros verdes" con grandes beneficios. Existen algunas experiencias con la plantación de especies de árboles nativos y especies resilientes al cambio del clima. Las cortinas pueden reducir las tormentas de arena, prevenir la erosión a causa del viento, contribuir a la recuperación de los sumideros de carbono y mejorar el microclima a nivel local y regional.

Además de estas y otras posibilidades, las respuestas de mayor impacto siguen relacionadas con el problema de la deforestación. Frenar y detener la deforestación tiene alto potencial para combatir los efectos negativos del cambio climático localizado. Es una de las principales recomendaciones de los organismos internacionales. Al ser la deforestación un incentivo perverso para la degradación de los suelos, una gestión mejorada de los bosques puede ejercer presión para el aumento de las inversiones públicas y privadas destinadas a la recuperación y conservación de los suelos. Sin embargo, sabemos también que, si bien la reducción de la deforestación tiene ventajas y responde a intereses de gran alcance, todavía parece ser una respuesta incompatible con los intereses económicos de los productores agropecuarios, en especial de quienes sobreexplotan la tierra y los bosques para obtener altas tasas de ganancia.

6. PRINCIPALES CONCLUSIONES



Este estudio se propuso capturar y ofrecer una mirada de carácter retrospectivo y prospectivo que abarca ocho décadas divididas prácticamente por igual entre el pasado y el futuro: 1981-2020 y 2021- 2060. Debido a que las variaciones climáticas oscilan bastante entre un año y otro, la mayor parte de los datos utilizados para las interpretaciones se basaron en promedios decenales. Hemos evaluado el cambio del clima del departamento de Santa Cruz, prestando atención multidisciplinaria a las conexiones existentes con la agricultura y los bosques. Hemos visto que el clima, la agricultura y la deforestación son variables interconectadas e interdependientes; lo que significa que las soluciones requieren, necesariamente, respuestas conjuntas e integrales. Definitivamente, el cambio del clima no se puede enfrentar únicamente con recomendaciones climáticas bien intencionadas, sino que, paralelamente, deben adoptarse políticas y prácticas sostenibles para la transformación integral y simultánea de la agricultura actual y de la deforestación cada vez más descontrolada.

Este trabajo reafirma las principales constataciones de varios estudios sobre las mismas cuestiones: i) la pérdida de bosques reduce la capacidad de captura de carbono (CO_2); ii) la tala y quema libera a la atmósfera el carbono almacenado por decenas de años; iii) el cambio del uso del suelo provoca el calentamiento global y empeora los problemas de evapotranspiración; iv) la agricultura de monocultivos acelera la degradación y desertificación de los suelos. En zonas tropicales, como Santa Cruz, los problemas se refuerzan mutuamente porque existen interconexiones e interdependencias negativas entre clima, agricultura y deforestación. Reconocer estos y otros aportes de investigación debería constituir un punto de partida decisivo para asumir los retos y desafíos del futuro en cuanto a la elaboración e implementación de soluciones concretas y efectivas. Las recomendaciones y respuestas genéricas ya existen, como la necesidad de reducir los químicos y gases contaminantes de la agricultura, desacelerar la conversión de los bosques y ecosistemas, restaurar los suelos y recuperar los bosques degradados, o rebalancear las necesidades de la economía agrícola con las necesidades ambientales de protección de los recursos naturales. Pero convertir estas directrices genéricas en soluciones concretas requiere de un compromiso renovado de todos los

cruceños y todos los bolivianos. Este compromiso renovado no puede ser otro que apostar por un modelo cruceño que sea sostenible y responsable ambiental y climáticamente.

Con estas anotaciones en mente, resumimos las principales conclusiones de este estudio.

- 1. El calentamiento de Santa Cruz está por encima del calentamiento global y regional.** En cuatro décadas, mientras el calentamiento global aumentó 0,6 °C, la temperatura promedio de Santa Cruz se incrementó en 1,1 °C, desde una media anual de 24,7 °C hasta 25,8 °C. La diferencia es del 83% con respecto al comportamiento planetario. Adicionalmente, Santa Cruz tiene un ritmo más acelerado de cambio climático. Cada 10 años, la temperatura promedio aumenta entre 0,3 a 0,4 °C. En el peor escenario, Santa Cruz alcanzará 3,2 °C de calentamiento al año 2060.

Santa Cruz se encuentra entre las regiones del mundo que sufren cambios de clima más severos. El departamento está expuesto al calentamiento progresivo y acumulativo. Una evidencia de ello son los récords climáticos que se marcaron en los últimos años. Los dos años más calurosos fueron el 2015 y el 2016, alcanzando un promedio anual de 26,6 °C. En contraste, los registros climáticos mínimos son parte del pasado. Los dos años menos calurosos fueron 1992 (23,3 °C) y 1981 (24,1 °C).

El calentamiento de Santa Cruz es más severo en la parte central y en el este del departamento. Mientras que en la zona núcleo la temperatura aumentó en 0,9 °C, en la zona de expansión llegó al 1,2 °C. Existe una diferencia de 0,3 °C entre ambas zonas. Una de las razones por la que se produce esta diferencia es que el ecosistema de la zona núcleo está favorablemente influenciado por la geografía del Amboró, mientras que la Chiquitanía es, evidentemente, más frágil y más vulnerable ante los cambios agresivos en el uso del suelo.

- 2. Los días de calor extremo con temperaturas superiores a 40 °C serán más frecuentes.** Para el año 2060, Santa Cruz tendrá entre 14 a 29 días por año con temperaturas máximas por encima de 40 °C, lo que representa un cambio de gran magnitud comparado con los tres días actuales. El salto de 3 a 14 días o de 3 a 29 días por año (dependiendo de los escenarios futuros) no tiene antecedentes históricos en todo el territorio cruceño y representa una ruptura de tipo estructural con respecto a los patrones de cambio lento registrados en los últimos 40 años (1981-2020). La multiplicación de días de calor extremo significa que abarcará más espacios geográficos, nuevos municipios y poblados, particularmente en el centro y en el este del departamento. Los días de calor extremo tendrán lugar mayormente entre los meses de septiembre, octubre y noviembre.
- 3. Actualmente, llueve 27% menos que hace 40 años.** La precipitación bajó de 1.446 mm a 1.050 mm anuales. La tendencia a la baja es sostenida en el tiempo y está acompañada por eventos extremos de inundaciones a consecuencia de lluvias concentradas en pocos días y sequías prolongadas por ausencia de precipitación. Los patrones de comportamiento de los eventos extremos y erráticos siguen siendo indescifrables para los científicos del clima, pero la percepción de la población es que son más frecuentes.

La reducción de lluvias alcanzó un 26% en la zona núcleo y llegó al 28% en la zona de expansión, principalmente en el centro y el este de Santa Cruz. Otra vez, la Chiquitanía es el territorio más afectado.

Estas disminuciones no son comparables con cambios globales en precipitación debido a que los comportamientos son altamente variables a nivel planetario y dependen de una serie de factores de gran alcance, como los patrones climáticos regionales, la circulación atmosférica, la geografía o las corrientes oceánicas. Los recientes estudios de IPCC (2023) concluyen que en la parte central de América del Sur, el inicio

de la temporada de lluvias se ha retrasado en las últimas décadas y tendrá similar trayectoria en los próximos cuarenta años.

La reducción de la precipitación se tradujo en la disminución de varios reservorios de agua dulce, el deterioro de los “curichis” y humedales, junto a la desaparición de ríos y riachuelos a lo largo y ancho del territorio departamental. La vulnerabilidad hídrica está creciendo aceleradamente con el incremento de las temperaturas, la evaporación y los incendios forestales más recurrentes.

- 4. Santa Cruz se encamina peligrosamente hacia un clima semi-árido y árido.** La combinación indeseable entre el incremento de la temperatura y la disminución de la precipitación está ampliando la duración y profundidad del déficit hídrico en los meses de la estación seca. Santa Cruz pasó de ser una región con un solo mes seco (agosto) a una región con tres meses secos. La transición de meses húmedos a meses secos se agrava en el centro y el este del departamento. En la Chiquitania, los meses secos siguen aumentando. Los cambios en temperatura y precipitación están provocando evaporaciones de mayor magnitud que, a su vez, aceleran la transición del clima húmedo o semi-húmedo a clima semi-árido o árido.

Los mayores riesgos se presentan en zonas de deforestación reciente. Para el año 2060, Santa Cruz tendrá cerca de 40 días consecutivos de sequía, lo que significa que seguirán ampliándose los periodos sin lluvias. Actualmente, los días seguidos de sequía están en torno a 32 días en promedio, aunque varían según las zonas.

- 5. Se atrasa el periodo de transición entre la estación seca y la estación húmeda.** En otras palabras, se atrasa el inicio de la temporada de lluvias. Las semanas y los meses de transición de la estación seca a la húmeda están aumentando y desplazándose hacia el último trimestre del año. Los meses de septiembre, octubre, noviembre e incluso parte de diciembre se están convirtiendo en los meses de transición más calurosos del año y los menos lluviosos.

El inicio tardío de la temporada de lluvias acorta la duración de la estación húmeda y está asociado a eventos climáticos extremos y erráticos. La distribución temporal de las lluvias también es irregular, lo que incide significativamente en el calendario agrícola, la producción y la productividad agrícola.

El retraso del periodo de transición es un patrón de comportamiento climático que no sólo se presenta en el departamento de Santa Cruz, sino en la Amazonía boliviana y en el suroeste de la Amazonia brasileña (región SAM). La región SAM está afectada por las alteraciones del Monzón Sudamericano, cuyos impactos tienen tendencia a ser más severos en Santa Cruz debido al cambio del uso del suelo y vientos de mayor intensidad en las llanuras sin barreras naturales.

- 6. Las tierras cultivadas se multiplicaron 10 veces en 40 años.** El crecimiento del sector agropecuario ha sido exponencial, habiendo pasado de 264 mil hectáreas anuales al inicio de los 80 a más de 3 millones de hectáreas para el año 2022. El crecimiento de los campos de cultivos consolidó el modelo de la agricultura cruceña, caracterizada por la presencia predominante de grandes campos de monocultivos, el uso intensivo de maquinaria agrícola y la exportación de las cosechas, principalmente, como materia prima agrícola.

El principal cultivo es la soya. Bolivia está entre los 10 principales productores de soya a nivel mundial. Según los datos del último año (2022), la soya cruceña concentra el 50% de las tierras cultivadas del departamento, la cosecha alcanza a 3,4 millones de toneladas anuales y la productividad agrícola gira en torno a 2,3 toneladas por hectárea. Tomando como referencia el precio internacional promedio de 2022, el valor de producción de soya gira en torno a 2 mil millones de dólares, lo que representa alrededor del 15% del PIB departamental de Santa Cruz.

Aunque no existen estudios suficientes sobre el empobrecimiento de los suelos, según las estimaciones del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA, 2017) la degradación del suelo habría llegado a 400 mil hectáreas en el departamento de Santa Cruz entre 2001 y 2020. Esto significa que el total de tierras intervenidas con fines de uso agropecuario es mucho mayor que las tierras efectivamente cultivadas cada año.

- 7. La deforestación acumulada supera los 7,5 millones de hectáreas en 40 años.** El departamento de Santa Cruz perdió por desmontes el 22% de los bosques que existían hasta los años 80. La deforestación tiene una estrecha correspondencia en tiempo y espacio con la expansión de la agricultura mecanizada. La expansión de las tierras cultivadas trajo consigo un mayor grado de deforestación en las zonas ya intervenidas hace 40 años y su expansión acelerada hacia territorios con o sin baja vocación agrícola. La deforestación creció a un ritmo mayor con respecto a las tierras cultivadas: 232 mil hectáreas anuales frente a 97 mil hectáreas, como promedio de los últimos cinco años (2018-2022). Esto significa que el aumento de la superficie cultivada tiene un efecto multiplicador sobre la pérdida de los bosques. Las razones están relacionadas con los múltiples problemas en torno a la agricultura cruceña: degradación de los suelos, desertificación, erosión y pérdidas de fertilidad.

Los desmontes tienen impactos negativos sobre el clima de Santa Cruz. Donde existe deforestación, la temperatura se incrementa, la precipitación disminuye, el déficit hídrico crece, la estación seca se amplía y los días calurosos aumentan, entre otros cambios evidenciados y proyectados al año 2060. Las mediciones presentadas sugieren que los impactos negativos de la deforestación son más severos en las zonas de expansión reciente de la frontera agrícola, como la Chiquitania cruceña, las rutas de expansión al este, noreste y las nuevas áreas de agricultura mecanizada de San Ignacio de Velasco.

¿Santa Cruz está cerca del “punto de no retorno”?

Este trabajo presenta evidencias que respaldan lo que ya saben muchos cruceños: el cambio climático de Santa Cruz no se debe tanto al calentamiento global, sino a la excesiva intervención humana con fines agropecuarios, misma que se traduce en el desmonte de varios millones de hectáreas de bosque. La percepción de la población es certera porque las consecuencias están a la vista como las temperaturas elevadas, olas de calor, días consecutivos de sequías, eventos extremos más frecuentes, inundaciones y sequías, lluvias erráticas, entre otros. Por lo tanto, no se puede desviar las responsabilidades directas inculcando únicamente al calentamiento global, algo bastante común entre los responsables directos de los altos costos ambientales y climáticos.

Un obstáculo de consideración para el debate cruceño es que todavía existen desacuerdos sobre cuán cerca o lejos está Santa Cruz del “punto de no retorno”. ¿A partir de cuántas millones de hectáreas deforestadas se puede considerar que son irreversibles las consecuencias climáticas? Actualmente, ¿Santa Cruz está cerca, lejos o ya superó el punto crítico? En pocas palabras, ¿Cuánta deforestación es demasiado? Está claro que existe un punto catastrófico que una vez sobrepasado, la crisis climática no tendrá vuelta atrás y sus efectos multiplicadores provocarán múltiples riesgos en distintos ámbitos.

Estas últimas preguntas están fuera del alcance de este trabajo, pero emergen como temas urgentes para nuevos estudios, sobre todo, sabiendo que las proyecciones para el año 2060 lanzan señales de alerta que no auguran un futuro tranquilizador. Dar la atención que merece el tema importa porque la cuestión de poner límites a la deforestación ni siquiera está en la mesa de trabajo de las autoridades, gremios agropecuarios u otros actores con capacidad de decisión. De hecho, Bolivia no tiene metas oficiales para la ralentización de la deforestación de los próximos años. Las políticas económicas y agropecuarias tampoco están sujetas al logro de ciertas metas ambientales medibles y cuantificables. Bolivia no tiene

metas de desaceleración de los desmontes o planes de recuperación de tierras degradadas hasta llegar a un número determinado de hectáreas. Sin base científica, las políticas y medidas vigentes dan la apariencia de que estamos lejos del “punto de no retorno”, pero las evidencias y los argumentos expuestos en este y otros estudios advierten que Santa Cruz está muy cerca del límite ambiental o que, incluso, ya lo habría sobrepasado en las zonas de ecosistemas altamente frágiles.

En definitiva, el futuro climático de Santa Cruz depende de medidas y acciones concretas de los propios cruceños y sus representantes. En esta línea, el siguiente apartado está dedicado a proponer algunas recomendaciones emergentes de este trabajo.

An aerial photograph of a vast, dense tropical forest. The top portion of the image shows a wide, flat expanse of forest stretching to the horizon under a sky filled with soft, white clouds. A dark green horizontal band is overlaid across the middle of the image, containing the word 'RECOMENDACIONES' in white, bold, uppercase letters. Below this band, the forest is shown in more detail, with a dense canopy of various shades of green and brown, indicating a rich, diverse ecosystem. The perspective is from a high altitude, looking down and across the landscape.

RECOMENDACIONES

El bosque y la agricultura generan múltiples beneficios para Santa Cruz y Bolivia, como ser la captura y almacenamiento de carbono (CO₂), la regulación de ciclos de agua, biodiversidad, alimentos, oportunidades económicas y otros. Sin embargo, a pesar de estos bienes y servicios agroambientales, los desmontes siguen en ascenso y la agricultura sostenible sigue siendo un asunto pendiente.

Para evitar una crisis climática más severa y sin retorno, se deben tomar medidas mucho más efectivas y concretas que las actuales. Se requieren propuestas y recomendaciones desde las instituciones públicas de todos los niveles de gobierno, desde el sector privado vinculado al uso del bosque y de la tierra y, sobre todo, desde la sociedad civil. Debido a que la información climática y los estudios sobre el tema siguen siendo escasos, el apoyo a la investigación también es crucial, tanto para el involucramiento de la población en general, como para la toma de decisiones basadas en evidencias.

Con base en los resultados de este estudio, planteamos recomendaciones sobre las tres grandes temáticas abordadas que, necesariamente, deben aplicarse de forma integral:

- 1. Deforestación:** desacelerar, reducir y revertir.
- 2. Agricultura:** incentivar el uso sostenible del suelo.
- 3. Clima:** proteger los ecosistemas más vulnerables.

1. Deforestación. Santa Cruz no tiene metas de cumplimiento obligatorio a corto, mediano ni largo plazo para frenar gradualmente la deforestación descontrolada. La ausencia de metas cuantificables y medibles exacerba el problema ambiental y climático, y facilita la proliferación de autorizaciones y permisos de desmontes, incluso en áreas protegidas y parques nacionales, territorios indígenas y tierras fiscales que tienen autorizaciones provisionales de asentamientos para nuevas comunidades.

Las metas a adoptarse deben ser realistas, graduales, pero efectivas. El gran tamaño del problema de deforestación obliga a plantearse metas por etapas o de forma progresiva.

Primera etapa. Las metas de esta etapa inicial deben tener como objetivo principal la desaceleración de los desmontes actuales que siguen en ascenso. Básicamente, la desaceleración implica disminuir el crecimiento interanual de la deforestación, aunque sin llegar a detener por completo.

Segunda etapa. Las metas también deben contribuir a que cada año exista menor número de hectáreas desmontadas. En esta etapa, se debe apuntar a alcanzar tasas negativas de crecimiento interanual. Esto no significa que no existan nuevos desmontes, sino que los mismos sean menores en comparación con los años anteriores. Las metas de crecimiento cero y negativo demandan la eliminación de los desmontes ilegales y tomar medidas más efectivas para reducir las autorizaciones de los desmontes legales.

Tercera etapa. En esta fase, el objetivo debe ser la reversión de la deforestación acumulada, lo que se constituye en la meta de mayor impacto. Revertir significa cumplir las dos etapas anteriores e implementar complementariamente planes y proyectos de reforestación, reposición de las cortinas "rompevientos", recuperación de suelos degradados, restauración de ecosistemas afectados, entre muchos otros.

2. Agricultura. El principal desafío que enfrenta la agricultura de Santa Cruz es preservar la capacidad productiva de las tierras agrícolas. Hemos visto que tanto la pérdida de bosques, como el cambio del clima, multiplican las amenazas de degradación y descertificación de los suelos. Caben varias recomendaciones y posibles medidas desde lo institucional, financiero, jurídico y técnico. Algunas que surgen de este estudio son:

- a) Crear un plan de gestión y uso sostenible de los suelos.** Significa elaborar un estudio técnico independiente de identificación y cuantificación de tierras agrícolas degradadas y descertificadas, zonificación según potencialidades productivas, regulación de prácticas agrícolas de sobrexplotación de suelos y bosques, apoyo a sistemas agrícolas alternativos, entre otros.
- b) Adoptar un modelo de coexistencia entre agricultura y bosques.** Integrar e intercalar las tierras agrícolas y los bosques en todos los espacios territoriales: nivel micro, local y regional. Sabemos que juntos cumplen funciones ambientales, productivas y climáticas que exceden la suma de los beneficios económicos y servicios ecosistémicos del actual modelo de monocultivos sin biodiversidad. La integración implica también transitar hacia un sistema de agricultura sostenible y beneficioso por igual para los productores agropecuarios y la sociedad. Un modelo de coexistencia requiere la adopción de estrategias zonificadas o regionalizadas, teniendo en cuenta que el cambio del clima afecta de forma diferenciada a lo largo y ancho del territorio cruceño.
- c) Adaptarse a las alteraciones del calendario agrícola.** Tomar medidas de mitigación frente al retraso de la temporada de lluvias que extiende la duración de los meses secos hasta noviembre o incluso diciembre de cada año. La mayor duración de la época seca reduce drásticamente la humedad de los suelos, perjudica las actividades pre-siembra de preparación de los suelos y provoca el aumento de los días de calor extremo. La tardía llegada de las lluvias acorta la duración del periodo húmedo y las inundaciones más frecuentes provocan grandes pérdidas económicas entre los agricultores.

3. Clima. Se recomienda priorizar la implementación de medidas y acciones urgentes y estratégicas, en especial para proteger las zonas más frágiles al cambio del uso del suelo o las más expuestas a los riesgos climáticos. Los resultados de esta investigación son bastante consistentes en señalar que la Chiquitanía y las zonas de expansión reciente de la frontera agrícola son

altamente sensibles a las intervenciones humanas, por lo que el cambio del clima es más severo en comparación con la zona oeste que se beneficia por el ecosistema de Amboró. El impacto negativo es mayor por cada hectárea intervenida en las zonas de expansión. En este contexto, al menos hacen falta dos acciones estratégicas:

- a) Tomar nuevas medidas de protección de ecosistemas de alto riesgo climático.** Las medidas de protección deben traducirse en medidas de regulación y control multisectorial de las intervenciones humanas en territorios vulnerables al cambio climático. Estas medidas deben contemplar evaluaciones y revisiones de los permisos de desmontes otorgados por las autoridades forestales, autorizaciones de asentamientos humanos para nuevas comunidades en áreas de vocación forestal, trámites de regularización de los desmontes ilegales de los años anteriores, desmontes ilegales en curso, entre otras.
- b) Realizar una evaluación de ecosistemas severamente afectados.** Inventariar y valorar el estado de ecosistemas y zonas como: i) Laguna Concepción, cuya desaparición sucedió en la última década y de forma paralela a la masiva deforestación de sus alrededores por colonias menonitas, ii) Tierras comunitarias y territorios indígenas intervenidos para la agricultura comercial a mediana y gran escala, iii) Reservas forestales y áreas protegidas ocupadas y explotadas irregularmente por comunidades, empresas y personas particulares; iv) Sistemas y redes hídricas alteradas artificialmente por medio de canalizaciones, desvíos o interrupciones de cursos de agua, uso privado de reservorios de agua de dominio común, uso agrícola de “curichis” y otros. Estas evaluaciones deben ir de la mano con las nuevas medidas de protección.
- c) Mejorar el control ambiental y climático en las regiones.** Cualificar los servicios de monitoreo meteorológico mediante el mantenimiento constante de información climática de las estaciones de control públicos y privados. Es prioritario que se proporcione al público datos climáticos integrados y actualizados sobre la dinámica

del microclima que permita disponer de sistemas de alerta temprana sobre los eventos climáticos como las sequías, vientos e inundaciones, tanto en lo inmediato como tendencias en el tiempo.

Cierre

El departamento de Santa Cruz ha entrado en una etapa crítica en la que se necesitan respuestas reales en lugar de discursos, leyes meramente declarativas o soluciones falsas. Ciertamente, la agricultura cruceña ha dinamizado la economía regional y nacional, lo que se traduce en beneficios y oportunidades económicas. Pero este aspecto positivo puede desaparecer en muy pocos años debido a los altos costos climáticos y ambientales. La rutina de compensar los efectos negativos del clima con más desmontes y más ampliación de la frontera agrícola es como caminar en línea recta hacia el precipicio. De igual forma, más autorizaciones y más permisos de desmontes profundizan la sobreexplotación y generan mayor presión demográfica sobre los recursos naturales. Y llegará un momento en el que la deforestación dejará de generar beneficios económicos. Un ejemplo de ello es la República Democrática del Congo que desmonta sus bosques casi a la misma escala y ritmo que Santa Cruz y; sin embargo, su agricultura quedó atrapada en la pobreza y los congoleños entrampados por innumerables conflictos entre millones de personas que luchan caóticamente por la explotación de la tierra y los recursos del bosque.

BIBLIOGRAFÍA

- Alves de Oliveira, B. F., Nobre, P., et al. (2021, octubre 1). *Deforestation and climate change are projected to increase heat stress risk in the Brazilian Amazon*. Revista Commun Earth & Environ, Vol. 2. Art. 207.
- Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra – ABT (2016). Deforestación en Bolivia 2012 – 2015. Memoria Descriptiva. Santa Cruz, Bolivia: MMAyA – ABT - DANIDA
- Bagnouls, F., y Gaussen, H., (1957). *Les climats boilologiques et leur classification*. Obtenido de la colección de Anales de Geografía. Vol. 66, n° 355, pág. 193-220.
- CEDIB, (2020, septiembre). Dossier#1: Los incendios en la Chiquitania 2019, un documento de reflexión y debate sobre las políticas públicas vigentes en Bolivia, referidas a la explotación de recursos naturales. Editorial La Libre Proyecto Social y Cultural. Cochabamba: CEDIB.
- CEPAL, (2007, agosto). Estudio de Alteraciones climáticas en Bolivia observados en el primer trimestre de 2007. Editorial: CEPAL. Elaborado por la Sede Subregional de la CEPAL en México a solicitud del MPDB.
- Colque, G., (2014). Expansión de la frontera agrícola: Luchas por el control y apropiación de la tierra en el oriente boliviano. La Paz, Bolivia: Tierra.
- Colque, G., (2020, mayo 25). Magras cosechas de soja transgénica. Santa Cruz, Bolivia: TIERRA
- Colque, G., (2022, junio). Deforestación 2016-2021 El pragmatismo irresponsable de la "Agenda Patriótica 2025". La Paz, Bolivia: TIERRA.
- CONAB, (2023). Información Agropecuaria de la Soja 2022. Brasil: CONAB. Obtenido de <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/911-soja>
- Cuéllar, S., Quintanilla, M., y Larrea, D., (2015, octubre 10). Reporte Técnico sobre la deforestación: Atlas Socio ambiental de las Tierras Bajas y Yungas de Bolivia 2015. Sucre, Bolivia: UMSA

- Delgadillo, M. F., y Lazo, A. (2015). Evaluación de daños y pérdidas por eventos climáticos: Bolivia 2013–2014. Editorial Greco s.r.l. La Paz: UDAPE
- FAN, Fundación Amigos de la Naturaleza (2016). Atlas Socioambiental de las Tierras Bajas y Yungas de Bolivia (2ª edición). Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (201) FAOSTAT. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Fick, S.E. y Hijmans R.J., (2017). *WorldClim 2: new 1 km spatial resolution climate surfaces for global land areas*. International Journal of Climatology Vol. 37 Cap.12, pág. 4302-4315.
- Fundación TIERRA. (2019, octubre). Fuego en Santa Cruz 2019, Balance de los incendios forestales 2019, y su relación con la tenencia de la tierra. Editorial TIERRA. Santa Cruz: Bolivia.
- GeoBolivia (20 de marzo de 2022). Mapa de deforestación en Bolivia y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Periodo 1990-2000. <https://geo.gob.bo/>
- GFW, Global Forest Watch (2022) Monitoreo de bosques diseñado para la acción. Obtenido de <https://www.globalforestwatch.org/>
- Hansen, H., Potavot, P.V., Moore R., et al. (2013, noviembre 15). *High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change* Vol 342, No 6160. Pag. 850-853. Obtenido de <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P., y Lister, D., (2020, abril 2). Conjunto de datos climáticos multivariados cuadrículados mensuales de alta resolución. Versión 4. *The Climate Change Knowledge Portal*: Banco Mundial. Obtenido de (<https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3>).
- Hinojosa, B., Maillard, O., y Saucedo, D. (2021). Temperatura de la superficie terrestre y escenarios climáticos por el cambio de uso de suelo en los municipios metropolitanos del departamento de Santa Cruz, Bolivia. *Revista Ecología en Bolivia*, Vol. 56 No (1), pág. 17-28.

- IBCE, Instituto Boliviano de Comercio Exterior (2021). Estadísticas de Importación de Maquinarias Agrícola y sus partes 2001-2021. Santa Cruz, Bolivia.
- ICE, Instituto Cruceño de Estadística (2023). Estadísticas de la Estimación de la Población 2023. Santa Cruz, Bolivia: ICE.
- IEA, International Energy Agency (2015). Informe del Precio de Petróleo 2015. Obtenido de <https://www.preciopetroleo.net/aie-agencia-internacional-de-la-energia-2015.html>
- INE, Instituto Nacional de Estadística (2022). Estadísticas Económicas y Sociales de Bolivia 2012-2022. Obtenido de <https://www.ine.gob.bo/>
- INRA, Instituto Nacional de Reforma Agraria (2021). Estadísticas de tierras en hectáreas (2021). Obtenido de <https://inra.gob.bo/InraPb/paginaController?cmd=inicio>
- IPCC, The Intergovernmental Panel on Climate Change (2014) *AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014*. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- IPCC, *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023*. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
- IPCC, *Report AR6: Climate Change 2023*. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
- IPCC, *Sixth Assessment Report, IPCC WGI Interactive Atlas (2023): Regional information* (Climates future). Obtenido de <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>
- Killeen, T., Guerra, A., Calzada, M., et al., (2008, junio 1). *Total historical land-use change in eastern Bolivia: Who, Where, When, and How Much?* Artículo publicado en la Revista Ecology and Sociality. Vol 13, No 1.
- Lang, R., (1915). *Versuch einer exakten classification der Boden in klimatischer und geologischer Hinsicht. Int. Mitt. F. Bodenkunde*. Vol. 5, págs. 312-346. Universidad Politecnica de Madrid
- Lawrence, D., Vandecar, K. (2014, diciembre 18). *Effects of tropical deforestation on climate and agriculture*. Publicado en la Revista Nature Clim Change. Vol. 5. Editado por Bronwyn Wake.

- Lenssen, N., Schmidt, J., Hansen, M., Menne, A., Persin, R., y Zyss, D., (2019). *Improvements in the GISTEMP-NASA, uncertainty model*. J. Geophys Res. Atmos. Vol. 124, no. 12, pág. 6307-6326
- Maillard, O., Flores-Valencia, M. y Anívarro, R., (2020). Pérdida de la Cobertura Natural (1986 -2019) y Proyecciones de Escenarios a Futuro (2050) en el Departamento de Santa Cruz. Informe Técnico elaborado por el OBSCH, Vol.55.
- Maillard, O., Vides-Almonacid, R., Salazar, Á., et al. (2022, diciembre 22). *Effect of Deforestation on Land Surface Temperature in the Chiquitania Region, Bolivia*. Artículo publicado en la Revisita Land 2023, Vol.12, N° 1.
- Martínez, S., (2020, septiembre). Dinámica de la frontera agrícola soyera en Santa Cruz. La Paz: CIPCA
- McKay, B. M., (2017, septiembre). *Agrarian extractivism in Bolivia*. Artículo publicado en el Reporte World Development. vol. 24, n° 8, p. 2147-2163
- Medugy, D., Walko, R. y Avissar, R. (2011, abril 15) *Effects of deforestation on spatiotemporal distributions of precipitation in South America*. Artículo publicado por AMS (American Meteorological Society),
- MMAyA, Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2017; 2019). Información Estadísticas de MMAyA. Bolivia: MMAyA. Obtenido de <https://www.mmaya.gob.bo/informacion-estadistica/#>
- Müller R., Pacheco P., y Montero JC. (2014). Informe anual "El contexto de la deforestación y degradación de los bosques en Bolivia: Causas, actores e instituciones". Vol. 100. Indonesia: CIFOR
- Muñoz, A., (2020, octubre) La ganadería y su contribución al cambio climático. Elaborado por: Amigos de la Tierra en colaboración con el Centro Vasco para el Cambio Climático. España, Madrid.
- NASA/GISS (2023), *Global Temperature: Global-Land Ocean Temperature Index 1884-2022*. Se obtuvo datos del cambio en la temperatura de la superficie global en comparación con el promedio a largo plazo de 1951 a 1980. Obtenido de <https://climate.nasa.gov/>

- Nobre, C. A., Marengo, J. A., y Artaxo, P. (2009, junio). *Understanding the climate of Amazonia: Progress from LBA*. Obtenido de *Amazonia and Global Change*, Vol. 186, pag. 145-147.
- OMM, Organización Meteorológica Mundial. (2023, julio 5). El círculo vicioso del cambio climático se agrava en América Latina y el Caribe. Estudio de La Habana (Cuba), Editorial OMM.
- ONU, Organización de las Naciones Unidas (2015) Acuerdo de París 2015. París: Naciones Unidas.
- Onur, Y., Özgür T. (2020, junio) *The Agriculture–Environment Relationship and Environment-based Agricultural Support Instruments in Turkey*. Investigado por: Departamento de economía y Política Social, Universidad de Hacettepe.
- OPS, Organización Panamericana de Salud (2021). *Crónicas de Desastres 2000: Fenómeno el Niño, 1997-1998*, (Cap. 9-Segunda Parte).
- OPS (2010) Reporte de situación emergencia y desastres en Bolivia 2010. No. 03/10- Inundaciones.
- OPS (2008) *Desastres, Preparativos y Mitigación en las Américas: Inundaciones, la historia que se repite en Bolivia 2008*, marzo.
- Paredes-Trejo, F., Barbosa, H., Giovannettone, J., et al. (2022, agosto 11). Artículo de "*Drought variability and land degradation in the Amazon River basin*. *Frontiers in Earth Science*". Vol 10-2022. Editado por: CEMADEN
- POWER DAVE, *Prediction of Worldwide Energy Resource, Data Access Viewer Enhanced*. Obtención de datos de Meteorología Global 1981-2021. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/beta/data-access-viewer/>
- Quintanilla, M., Spickenbom, J., (2019). Cambio de uso del suelo y sus efectos actuales y futuros en el municipio de Ascensión de Guarayos. Editorial CIPCA. Santa Cruz, Bolivia: FAN.
- Quintanilla, M., Spikenboom J.,y Espinoza, S., (2023). El cambio de uso del suelo y sus efectos actuales y futuros en el municipio de San Ignacio, Investigación realizada por encargo del Instituto de Geografía y Geología de la Universidad de Greifswald, Alemania. Santa Cruz: FAN

- Rodríguez, M., y Mance, H., Barrea, H., et al. (2009). Informe sobre el Cambio climático: lo que está en juego. Universidad de Los Andes.
- Saad, S. I., da Rocha, H. R., Dias, D., et al. (2009, junio). ¿Can the deforestation breeze change the rainfall in Amazonia? Un estudio de caso para la región de la carretera BR-163. *Interacciones de la Tierra*, Vol. 14, no 18, pág. 1-25.
- SENAMHI, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2023). Registros de Estaciones meteorológicas. SENAMHI: Bolivia. Obtenido de <https://senamhi.gob.bo/index.php/inicio>
- Smith, C., Baker, J. C. A., y Spracklen, D. V. (2023). *Tropical deforestation causes large reductions in observed precipitation*. *Revista Nature*, Vol. 615. No 7951, pág. 270–275. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05690-1>
- Spickenbom, J. (2019). Boletín Informativo: La isla de calor urbana de Santa Cruz de la Sierra en Bolivia y su relación con la cobertura vegetal. Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado - El Patujú.
- Tinker, P. B., Ingram, J., y Struwe, S. (1996). Artículo: *Effects of slash-and-burn agriculture and deforestation on climate change*. *Revista: Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 58 No1. pág. 13-22
- Urioste F.M. de C. (2003). La Reforma Agraria abandonada: Valles y Altiplano. Editorial: CIDES-UMSA, Post grado en ciencias del desarrollo. La Paz, Bolivia
- Urioste, M., (2011, mayo). Concentración y extranjerización en Bolivia. La Paz, Tierra.
- Walter. H y Lieth, H., (1967). Atlas: “*Klimadiagramm-Weltatlas*”. Editor: Jena: G. Fischer. Obtenido de https://donum.uliege.be/bitstream/2268.1/7079/1/Walter-Lieth_Klimadiagramm-Weltatlas.pdf
- Weisse, M., Goldman, L., y Carter, V., (2023, julio 14). Artículo: *Tropical primary Forest Loss Worsened in 2022, Despite International commitments to end deforestation*. Obtenido de Global Forest Watch.

ANEXOS

Anexo 1

Temperatura según puntos de medición, 1981-2022

Año	Temperatura según puntos de medición, 1981-2022														Promedio general	
	Okinawa	Montero	San Pedro	Viru Viru	Trompillo	Tres Cruces	San Julián	San José de Chiquitos	Guarayos	Concepción	San Javier	San Ignacio de Velasco	San Francisco	Roboré		
1981																
T° C Mínima alcanzada	4,5	4,1	6,3	4,1	3,4	2,9	3,8	2,2	6,8	5,0	3,6	4,8	5,9	3,8	2,2	
T° C Promedio	24,4	23,7	24,6	23,7	23,0	24,1	24,2	24,5	25,0	23,7	23,8	24,0	24,8	24,2	24,1	
T° C Máxima alcanzada	37,9	37,1	38,2	37,1	35,7	36,8	37,2	38,6	38,5	37,8	37,3	38,2	39,7	37,2	39,7	
1982																
T° C Mínima alcanzada	9,0	10,1	10,8	10,1	9,1	8,5	8,4	8,8	10,1	10,0	8,6	9,8	10,5	8,4	8,4	
T° C Promedio	24,3	23,8	24,7	23,8	23,3	24,0	24,1	24,5	24,7	23,7	23,8	23,8	24,7	24,1	24,1	
T° C Máxima alcanzada	37,7	37,0	38,2	37,0	36,0	36,2	37,0	37,0	38,5	35,5	37,0	36,1	36,6	37,0	38,5	
1983																
T° C Mínima alcanzada	8,3	7,0	9,3	7,0	6,1	7,1	8,8	7,8	10,9	9,6	8,8	8,5	11,1	8,8	6,1	
T° C Promedio	24,8	24,0	25,1	24,0	23,5	24,4	24,7	25,5	25,6	24,5	24,4	24,9	25,5	24,7	24,7	
T° C Máxima alcanzada	40,7	39,8	40,2	39,8	38,2	39,6	40,2	41,3	40,7	38,3	39,9	39,1	40,1	40,2	41,3	
1984																
T° C Mínima alcanzada	8,3	8,6	8,4	8,6	7,0	7,3	7,2	7,7	9,0	7,3	7,4	7,3	8,2	7,2	7,0	
T° C Promedio	25,3	24,7	25,3	24,7	23,9	25,0	25,1	25,6	25,7	24,2	24,6	24,3	24,8	25,1	24,9	
T° C Máxima alcanzada	39,6	38,9	39,6	38,9	37,6	38,7	38,8	38,7	39,8	37,1	38,1	36,9	38,5	38,8	39,8	
1985																
T° C Mínima alcanzada	5,7	5,4	7,0	5,4	5,1	4,6	5,0	3,9	7,3	6,3	5,0	6,3	5,8	5,0	3,9	
T° C Promedio	25,2	24,7	25,5	24,7	24,1	24,9	25,0	25,3	25,5	24,2	24,4	24,4	25,1	25,0	24,9	
T° C Máxima alcanzada	40,1	39,7	39,9	39,7	38,9	39,9	39,5	40,7	39,9	38,0	38,4	38,0	38,6	39,5	40,7	
1986																
T° C Mínima alcanzada	7,0	7,6	7,7	7,6	7,8	6,0	5,8	6,0	7,7	6,1	5,6	6,3	5,8	5,8	5,6	
T° C Promedio	25,2	24,5	25,3	24,5	23,8	24,9	25,1	25,5	25,5	24,3	24,5	24,8	25,2	25,1	24,8	
T° C Máxima alcanzada	39,9	39,9	40,5	39,9	38,8	38,7	38,5	38,5	38,5	36,6	37,8	38,0	38,4	38,5	40,5	

Continúa en la siguiente página...

Continúa de la anterior página...

Temperatura según puntos de medición, 1981-2022															
Año	Okinawa	Montero	San Pedro	Viru Viru	Trompillo	Tres Cruces	San Julián	San José de Chiquitos	Guarayos	Concepción	San Javier	San Ignacio de Velasco	San Francisco	Roboré	Promedio general
1987															
T° C Mínima alcanzada	8,6	8,0	10,1	8,0	7,7	7,8	8,5	8,0	10,3	9,5	8,6	9,5	10,3	8,5	7,7
T° C Promedio	25,1	24,3	25,2	24,3	23,5	24,8	25,0	25,2	25,7	24,7	24,7	25,0	25,7	25,0	24,9
T° C Máxima alcanzada	40,0	39,9	40,2	39,9	38,8	39,3	39,4	39,1	39,9	37,8	38,9	38,1	39,0	39,4	40,2
1988															
T° C Mínima alcanzada	5,1	4,2	7,1	4,2	3,9	3,1	4,2	3,4	7,3	6,7	4,5	6,0	7,0	4,2	3,1
T° C Promedio	25,6	25,0	25,7	25,0	24,2	25,3	25,6	25,2	25,4	24,8	25,1	24,8	25,3	25,6	25,2
T° C Máxima alcanzada	40,8	40,6	40,7	40,6	39,7	40,9	40,4	41,1	40,3	39,1	39,7	39,3	41,3	40,4	41,3
1989															
T° C Mínima alcanzada	4,1	3,7	5,8	3,7	3,4	2,6	3,7	2,4	6,5	5,5	3,9	4,5	5,6	3,7	2,4
T° C Promedio	25,2	24,5	25,3	24,5	23,7	24,8	25,0	24,9	25,5	24,1	24,6	24,1	24,6	25,0	24,7
T° C Máxima alcanzada	39,5	38,8	39,3	38,8	37,5	39,0	39,6	39,2	39,5	38,1	39,7	37,5	38,5	39,6	39,7
1990															
T° C Mínima alcanzada	6,4	6,2	8,2	6,2	6,1	5,3	5,4	5,5	8,3	6,8	5,4	6,2	6,8	5,4	5,3
T° C Promedio	25,0	24,4	25,2	24,4	23,8	24,6	24,7	24,7	25,2	23,8	24,2	24,0	24,6	24,7	24,5
T° C Máxima alcanzada	38,5	38,0	38,2	38,0	37,2	38,3	38,1	39,8	37,9	36,6	37,8	36,6	36,3	38,1	39,8
1991															
T° C Mínima alcanzada	9,2	9,1	10,7	9,1	7,8	8,2	8,4	7,7	10,6	9,4	8,0	9,3	9,7	8,4	7,7
T° C Promedio	25,3	24,6	25,3	24,6	23,8	24,9	25,2	25,3	25,7	24,7	24,8	24,9	25,1	25,2	25,0
T° C Máxima alcanzada	39,1	38,0	38,4	38,0	36,4	38,3	38,7	39,0	39,2	37,3	38,5	37,7	38,6	38,7	39,2
1992															
T° C Mínima alcanzada	5,4	4,9	7,2	4,9	4,3	4,2	5,0	5,4	7,2	6,8	4,8	6,8	7,6	5,0	4,2
T° C Promedio	23,4	22,8	23,7	22,8	22,3	23,2	23,3	24,0	23,8	23,3	23,0	23,6	24,3	23,3	23,3
T° C Máxima alcanzada	36,4	35,4	36,3	35,4	34,0	36,2	35,7	37,4	34,3	33,9	34,6	34,8	35,5	35,7	37,4

Continúa en la siguiente página...

Continúa de la anterior página...

Temperatura según puntos de medición, 1981-2022															
Año	Okinawa	Montero	San Pedro	Viru Viru	Trompillo	Tres Cruces	San Julián	San José de Chiquitos	Guarayos	Concepción	San Javier	San Ignacio de Velasco	San Francisco	Roboré	Promedio general
1993															
T° C Mínima alcanzada	8,3	7,3	8,4	7,3	6,6	7,2	7,8	6,9	10,2	8,2	7,8	8,8	9,2	7,8	6,6
T° C Promedio	25,0	24,4	25,3	24,4	23,8	24,7	25,1	26,0	25,1	24,9	24,8	25,3	25,7	25,1	25,0
T° C Máxima alcanzada	38,0	36,4	37,4	36,4	35,6	37,4	38,2	40,3	38,6	38,0	38,3	38,1	39,1	38,2	40,3
1994															
T° C Mínima alcanzada	5,6	4,6	6,7	4,6	5,2	3,7	4,8	2,3	7,4	6,0	5,2	5,7	5,7	4,8	2,3
T° C Promedio	26,2	25,8	26,3	25,8	25,3	26,2	26,1	26,2	26,0	24,9	25,3	25,2	25,5	26,1	25,8
T° C Máxima alcanzada	40,1	39,4	39,4	39,4	38,2	39,3	39,1	40,5	39,6	37,4	38,5	38,0	38,9	39,1	40,5
1995															
T° C Mínima alcanzada	10,6	9,5	10,9	9,5	8,5	8,5	10,0	8,9	11,1	10,8	9,6	10,4	11,6	10,0	8,5
T° C Promedio	25,6	25,2	25,8	25,2	24,7	25,6	25,6	25,7	25,4	24,6	24,9	25,3	25,8	25,6	25,4
T° C Máxima alcanzada	40,4	40,2	40,0	40,2	39,4	40,5	39,7	40,9	39,9	38,3	39,4	39,1	40,6	39,7	40,9
1996															
T° C Mínima alcanzada	3,4	2,9	4,9	2,9	2,6	2,1	3,0	2,1	4,9	4,0	2,7	3,5	5,0	3,0	2,1
T° C Promedio	24,8	24,3	24,9	24,3	23,6	24,6	24,6	24,8	24,7	24,1	24,1	24,5	25,2	24,6	24,5
T° C Máxima alcanzada	38,0	37,7	38,0	37,7	36,6	38,0	37,5	39,3	37,4	36,7	37,6	36,5	38,3	37,5	39,3
1997															
T° C Mínima alcanzada	10,5	10,4	11,3	10,4	10,1	9,5	9,9	8,4	11,2	9,9	9,8	9,7	11,1	9,9	8,4
T° C Promedio	26,3	25,7	26,3	25,7	25,0	26,0	26,1	26,0	26,1	25,2	25,5	25,7	26,4	26,1	25,9
T° C Máxima alcanzada	41,9	41,3	41,4	41,3	39,7	42,0	41,7	43,6	41,6	40,9	41,5	41,7	43,1	41,7	43,6
1998															
T° C Mínima alcanzada	9,9	9,3	10,7	9,3	9,6	8,6	8,9	9,1	9,8	9,1	8,3	9,5	9,7	8,9	8,3
T° C Promedio	26,3	25,7	26,4	25,7	25,0	26,1	26,1	26,0	26,5	25,3	25,5	25,4	26,5	26,1	25,9
T° C Máxima alcanzada	39,6	38,7	39,0	38,7	37,3	39,7	39,2	39,8	39,3	37,6	38,2	38,5	40,0	39,2	40,0

Continúa en la siguiente página...

Continúa de la anterior página...

Temperatura según puntos de medición, 1981-2022															
Año	Okinawa	Montero	San Pedro	Viru Viru	Trompillo	Tres Cruces	San Julián	San José de Chiquitos	Guarayos	Concepción	San Javier	San Ignacio de Velasco	San Francisco	Roboré	Promedio general
1999															
T° C Mínima alcanzada	5,9	5,2	9,3	5,2	4,7	5,1	6,3	4,4	8,0	6,7	5,8	5,9	6,7	6,3	4,4
T° C Promedio	26,0	25,7	26,1	25,7	25,1	26,0	25,8	25,9	25,4	24,7	25,1	25,0	26,0	25,8	25,6
T° C Máxima alcanzada	41,6	41,4	41,3	41,4	39,9	41,6	41,1	41,6	40,5	39,9	40,7	40,2	41,9	41,1	41,9
2000															
T° C Mínima alcanzada	5,8	4,5	6,2	4,5	3,8	4,5	5,5	4,0	7,6	6,8	5,7	6,2	7,4	5,5	3,8
T° C Promedio	25,7	25,0	25,9	25,0	24,2	25,3	25,4	25,4	26,1	24,9	24,9	25,3	26,3	25,4	25,3
T° C Máxima alcanzada	40,5	39,7	40,2	39,7	38,4	39,5	39,4	40,1	40,1	38,2	39,0	38,6	40,3	39,4	40,5
2001															
T° C Mínima alcanzada	6,9	5,7	8,1	5,7	5,1	5,2	6,7	5,7	9,1	8,3	6,7	7,9	9,5	6,7	5,1
T° C Promedio	25,7	24,9	26,1	24,9	24,2	25,2	25,4	25,9	26,1	24,9	25,0	25,3	26,2	25,4	25,4
T° C Máxima alcanzada	39,1	38,1	39,2	38,1	36,8	38,3	38,7	39,8	39,2	37,7	38,7	38,2	39,4	38,7	39,8
2002															
T° C Mínima alcanzada	10,6	9,9	10,8	9,9	9,4	9,8	10,8	10,0	12,3	11,4	10,0	11,7	12,8	10,8	9,4
T° C Promedio	26,2	25,4	26,4	25,4	24,8	25,8	26,3	26,8	26,9	25,9	26,0	26,3	27,2	26,3	26,1
T° C Máxima alcanzada	40,3	39,8	39,7	39,8	38,1	39,8	40,0	41,0	39,8	39,1	40,1	39,0	40,9	40,0	41,0
2003															
T° C Mínima alcanzada	9,7	9,3	10,5	9,3	8,3	8,7	9,2	9,5	11,3	11,7	9,2	11,1	12,6	9,2	8,3
T° C Promedio	25,1	24,6	25,4	24,6	24,1	24,9	25,0	25,3	25,5	24,6	24,6	24,8	26,0	25,0	25,0
T° C Máxima alcanzada	40,3	39,8	40,0	39,8	38,6	39,8	38,7	39,8	39,7	37,4	37,2	38,5	39,4	38,7	40,3
2004															
T° C Mínima alcanzada	10,0	9,7	11,1	9,7	8,7	9,1	9,9	9,5	11,3	9,9	9,6	9,7	11,5	9,9	8,7
T° C Promedio	25,8	25,2	26,0	25,2	24,6	25,6	25,7	25,4	26,1	25,0	25,1	25,2	26,2	25,7	25,5
T° C Máxima alcanzada	40,5	40,4	40,4	40,4	39,1	39,9	39,8	40,0	39,7	38,5	39,3	38,6	39,9	39,8	40,5

Continúa en la siguiente página...

Continúa de la anterior página...

Temperatura según puntos de medición, 1981-2022															
Año	Okinawa	Montero	San Pedro	Viru Viru	Trompillo	Tres Cruces	San Julián	San José de Chiquitos	Guarayos	Concepción	San Javier	San Ignacio de Velasco	San Francisco	Roboré	Promedio general
2005															
T° C Mínima alcanzada	8,9	8,0	11,4	8,0	7,5	7,2	8,4	6,8	10,7	9,4	8,3	8,8	10,4	8,4	6,8
T° C Promedio	25,2	24,7	25,5	24,7	24,1	25,0	25,1	24,9	25,8	24,8	24,8	24,5	25,7	25,1	25,0
T° C Máxima alcanzada	38,8	37,4	37,5	37,4	36,4	38,1	38,8	38,8	39,7	38,7	39,0	38,9	40,3	38,8	40,3
2006															
T° C Mínima alcanzada	10,3	9,9	10,9	9,9	9,1	8,9	9,4	9,1	12,3	10,8	9,9	11,0	10,7	9,4	8,9
T° C Promedio	25,7	25,1	25,9	25,1	24,6	25,4	25,6	25,6	25,8	24,9	25,1	25,3	26,1	25,6	25,4
T° C Máxima alcanzada	38,7	38,2	38,2	38,2	37,6	39,0	38,1	39,3	38,2	37,2	37,4	37,6	39,0	38,1	39,3
2007															
T° C Mínima alcanzada	8,9	8,1	9,4	8,1	8,1	7,5	8,6	7,8	9,4	9,0	8,0	9,0	9,1	8,6	7,5
T° C Promedio	25,4	24,7	25,5	24,7	24,0	25,3	25,6	25,4	25,5	25,1	25,2	25,3	26,1	25,6	25,2
T° C Máxima alcanzada	40,5	40,3	40,0	40,3	39,0	40,4	40,7	40,4	39,8	39,1	40,4	39,1	40,4	40,7	40,7
2008															
T° C Mínima alcanzada	9,7	8,7	9,8	8,7	8,1	9,7	9,9	9,3	10,7	9,6	8,8	10,2	10,4	9,9	8,1
T° C Promedio	25,1	24,5	25,3	24,5	23,8	24,9	25,0	25,6	25,2	24,6	24,7	24,9	25,8	25,0	24,9
T° C Máxima alcanzada	39,3	39,0	39,4	39,0	37,7	39,1	39,3	40,6	39,4	38,8	39,2	39,3	41,2	39,3	41,2
2009															
T° C Mínima alcanzada	9,1	8,5	9,6	8,5	7,0	8,4	8,3	6,8	8,9	7,1	7,3	6,3	8,5	8,3	6,3
T° C Promedio	25,8	25,5	26,0	25,5	24,8	25,8	25,7	25,5	25,5	24,9	25,0	25,2	25,8	25,7	25,5
T° C Máxima alcanzada	39,4	39,2	39,4	39,2	38,5	39,5	39,4	40,4	38,9	38,7	39,2	39,4	40,5	39,4	40,5
2010															
T° C Mínima alcanzada	5,9	4,8	6,3	4,8	3,6	5,3	6,0	5,7	6,8	6,0	5,7	5,8	7,6	6,0	3,6
T° C Promedio	26,1	25,4	26,3	25,4	24,6	25,9	26,0	26,0	26,1	25,4	25,4	25,7	26,5	26,0	25,8
T° C Máxima alcanzada	39,8	39,7	39,5	39,7	38,4	39,9	39,8	39,8	39,3	38,7	39,2	39,0	40,6	39,8	40,6

Continúa en la siguiente página...

Continúa de la anterior página...

Temperatura según puntos de medición, 1981-2022															
Año	Okinawa	Montero	San Pedro	Viru Viru	Trompillo	Tres Cruces	San Julián	San José de Chiquitos	Guarayos	Concepción	San Javier	San Ignacio de Velasco	San Francisco	Roboré	Promedio general
2011															
T° C Mínima alcanzada	9,7	8,0	11,3	8,0	6,5	8,3	9,7	6,6	11,3	9,5	9,6	8,7	10,4	9,7	6,5
T° C Promedio	26,6	26,1	26,7	26,1	25,3	26,4	26,3	25,6	26,3	25,1	25,6	25,3	26,0	26,3	26,0
T° C Máxima alcanzada	39,7	39,9	39,5	39,9	39,3	40,0	39,6	40,2	40,2	38,4	39,8	38,6	40,1	39,6	40,2
2012															
T° C Mínima alcanzada	6,9	6,5	8,8	6,5	6,4	5,7	6,2	6,0	8,3	7,4	6,1	7,4	8,0	6,2	5,7
T° C Promedio	26,0	25,4	26,0	25,4	24,6	25,9	25,9	26,0	25,8	25,2	25,3	25,8	26,5	25,9	25,7
T° C Máxima alcanzada	40,8	40,3	40,6	40,3	38,9	40,8	40,5	41,5	40,2	39,4	40,3	40,2	41,6	40,5	41,6
2013															
T° C Mínima alcanzada	4,8	3,8	5,9	3,8	3,5	2,8	3,7	2,6	7,9	7,0	4,4	5,3	8,4	3,7	2,6
T° C Promedio	25,3	24,7	25,3	24,7	24,1	25,2	25,2	25,4	25,2	24,5	24,7	25,1	25,9	25,2	25,0
T° C Máxima alcanzada	39,9	39,5	39,7	39,5	38,1	39,6	39,2	39,2	38,7	37,7	38,1	38,4	40,3	39,2	40,3
2014															
T° C Mínima alcanzada	9,3	7,7	9,6	7,7	6,8	8,0	9,3	7,1	10,2	9,4	9,3	9,6	10,8	9,3	6,8
T° C Promedio	25,3	24,6	25,3	24,6	23,9	25,3	25,6	25,5	25,3	25,1	25,1	25,1	26,0	25,6	25,2
T° C Máxima alcanzada	41,6	40,8	41,4	40,8	39,3	41,6	42,1	42,9	40,7	41,3	42,1	41,7	42,6	42,1	42,9
2015															
T° C Mínima alcanzada	10,4	10,5	10,1	10,5	9,6	10,4	10,2	10,3	12,1	11,7	10,3	11,4	13,4	10,2	9,6
T° C Promedio	26,7	26,0	26,5	26,0	25,2	26,5	26,8	26,9	27,0	26,7	26,4	27,0	28,3	26,8	26,6
T° C Máxima alcanzada	42,2	41,7	41,6	41,7	40,1	41,8	41,8	42,4	42,4	41,4	41,8	41,4	43,5	41,8	43,5
2016															
T° C Mínima alcanzada	9,6	8,8	11,0	8,8	8,3	8,3	9,5	8,4	12,0	10,8	9,7	10,2	11,9	9,5	8,3
T° C Promedio	27,0	26,3	26,9	26,3	25,3	26,7	27,0	26,1	27,4	26,5	26,5	26,4	27,4	27,0	26,6
T° C Máxima alcanzada	40,9	40,6	40,4	40,6	39,2	41,2	40,4	41,7	40,1	39,4	39,8	40,0	40,9	40,4	41,7

Continúa en la siguiente página...

Continúa de la anterior página...

Temperatura según puntos de medición, 1981-2022															
Año	Okinawa	Montero	San Pedro	Viru Viru	Trompillo	Tres Cruces	San Julián	San José de Chiquitos	Guarayos	Concepción	San Javier	San Ignacio de Velasco	San Francisco	Roboré	Promedio general
2017															
T° C Mínima alcanzada	5,1	3,9	6,5	3,9	3,9	3,7	4,6	3,2	7,9	8,0	4,7	6,9	10,0	4,6	3,2
T° C Promedio	25,7	25,0	25,5	25,0	24,3	25,4	25,7	25,4	26,2	25,8	25,4	26,0	27,0	25,7	25,6
T° C Máxima alcanzada	40,8	40,4	40,7	40,4	39,1	40,4	40,3	41,0	40,3	39,4	39,7	40,3	41,0	40,3	41,0
2018															
T° C Mínima alcanzada	9,5	8,2	10,4	8,2	7,2	7,9	9,4	6,9	10,1	8,6	8,6	8,4	11,1	9,4	6,9
T° C Promedio	25,6	25,0	25,4	25,0	24,2	25,5	25,6	25,8	25,7	25,2	25,1	25,6	26,3	25,6	25,4
T° C Máxima alcanzada	38,6	37,7	38,2	37,7	36,6	38,1	38,3	39,4	38,5	38,3	38,1	39,0	40,4	38,3	40,4
2019															
T° C Mínima alcanzada	6,8	6,1	8,1	6,1	6,4	4,6	5,6	6,4	7,9	8,3	5,1	8,0	8,4	5,6	4,6
T° C Promedio	25,9	25,2	25,9	25,2	24,5	25,8	25,9	26,8	26,2	25,8	25,4	26,6	27,2	25,9	25,9
T° C Máxima alcanzada	40,3	39,8	40,2	39,8	38,6	40,1	40,0	41,1	40,1	39,2	39,9	39,6	41,3	40,0	41,3
2020															
T° C Mínima alcanzada	9,6	7,8	10,0	7,8	6,6	8,0	8,9	7,1	9,7	8,5	8,5	8,6	10,6	8,9	6,6
T° C Promedio	25,9	25,4	25,8	25,4	24,7	25,7	25,8	26,6	26,4	26,4	25,5	27,1	28,4	25,8	26,1
T° C Máxima alcanzada	40,8	39,9	41,1	39,9	38,8	40,3	40,6	41,9	41,1	40,8	40,9	41,1	42,5	40,6	42,5
2021															
T° C Mínima alcanzada	4,7	4,3	5,6	4,3	4,1	3,5	4,5	3,7	6,6	5,4	4,1	4,9	6,4	4,5	3,5
T° C Promedio	26,0	25,3	25,9	25,3	24,5	25,8	26,0	25,9	26,4	25,6	25,6	25,5	26,5	26,0	25,7
T° C Máxima alcanzada	41,2	40,4	41,0	40,4	38,9	40,9	40,9	41,6	40,9	40,3	40,7	40,5	42,0	40,9	42,0
2022															
T° C Mínima alcanzada	6,0	5,6	7,8	5,6	5,7	4,8	5,5	5,1	7,7	6,7	5,2	6,2	6,3	5,5	4,8
T° C Promedio	25,4	24,7	25,4	24,7	24,1	25,2	25,4	25,7	25,9	25,0	25,1	25,0	25,6	25,4	25,2
T° C Máxima alcanzada	40,7	40,7	40,8	40,7	39,5	41,3	40,6	39,8	41,3	39,7	40,6	39,3	40,0	40,6	41,3

Anexo 2
Precipitación anual (mm) según puntos de medición, 1981-2022

Año	Precipitación anual (mm) según puntos de medición, 1981-2022													
	Okinawa	Montero	San Pedro	Viru Viru	Trompillo	Tres Cruces	San Julián	San José de Chiquitos	Guarayos	Concepción	San Javier	San Ignacio de Velasco	San Francisco	Roboré
1981	1.789	1.807	1.742	1.807	1.709	1.729	1.702	1.307	1.493	1.479	1.627	1.358	1.387	1.702
1982	1.934	1.877	1.858	1.877	1.734	1.810	1.853	1.408	1.620	1.642	1.841	1.677	1.602	1.853
1983	1.707	1.722	1.671	1.722	1.566	1.569	1.575	899	1.413	1.404	1.514	1.147	1.367	1.575
1984	1.582	1.604	1.556	1.604	1.572	1.577	1.603	1.135	1.328	1.629	1.572	1.542	1.689	1.603
1985	1.211	1.133	1.188	1.133	1.064	1.129	1.190	1.049	1.251	1.236	1.272	1.204	1.265	1.190
1986	1.598	1.650	1.603	1.650	1.583	1.537	1.480	1.046	1.429	1.337	1.428	1.079	1.291	1.480
1987	1.855	1.911	1.859	1.911	1.803	1.760	1.675	1.177	1.740	1.440	1.575	1.199	1.318	1.675
1988	1.096	1.087	1.101	1.087	1.043	1.081	1.081	1.070	1.154	1.129	1.095	1.131	1.325	1.081
1989	1.402	1.425	1.410	1.425	1.349	1.349	1.310	1.056	1.303	1.238	1.256	1.284	1.423	1.310
1990	1.363	1.365	1.365	1.365	1.237	1.379	1.378	1.182	1.443	1.437	1.353	1.302	1.510	1.378
1991	1.549	1.589	1.535	1.589	1.486	1.521	1.460	1.162	1.348	1.308	1.376	1.155	1.469	1.460
1992	2.239	2.224	2.149	2.224	1.980	2.177	2.105	1.476	2.045	1.823	1.985	1.659	1.862	2.105
1993	1.296	1.284	1.309	1.284	1.143	1.186	1.136	684	1.285	958	1.058	745	1.043	1.136
1994	1.261	1.117	1.218	1.117	954	1.156	1.283	1.038	1.479	1.453	1.382	1.260	1.537	1.283
1995	1.143	983	1.111	983	817	999	1.141	836	1.532	1.329	1.287	942	1.160	1.141
1996	1.529	1.473	1.489	1.473	1.316	1.463	1.430	1.193	1.533	1.271	1.392	1.116	1.237	1.430
1997	1.177	1.164	1.149	1.164	1.079	1.224	1.208	1.091	1.323	1.286	1.225	1.017	1.200	1.208
1998	1.331	1.219	1.284	1.219	1.074	1.232	1.315	1.023	1.537	1.403	1.399	1.246	1.308	1.315
1999	1.004	893	979	893	790	954	1.034	946	1.364	1.199	1.142	1.054	1.072	1.034
2000	1.320	1.437	1.205	1.437	1.385	1.433	1.324	1.009	1.126	1.148	1.235	941	1.066	1.324
2001	1.509	1.570	1.337	1.570	1.395	1.568	1.492	996	1.333	1.276	1.387	1.075	1.165	1.492
2002	1.392	1.472	1.364	1.472	1.330	1.436	1.287	868	1.085	986	1.080	860	959	1.287
2003	1.594	1.543	1.514	1.543	1.306	1.522	1.490	1.059	1.450	1.233	1.394	1.064	1.076	1.490

Continúa en la siguiente página...

Continúa de la anterior página...

Año	Precipitación anual (mm) según puntos de medición, 1981-2022													
	Okinawa	Montero	San Pedro	Víru Víru	Trompillo	Tres Cruces	San Julián	San José de Chiquitos	Guarayos	Concepción	San Javier	San Ignacio de Velasco	San Francisco	Roboré
2004	1.230	1.175	1.163	1.175	1.032	1.191	1.210	1.017	1.211	1.150	1.171	1.082	1.154	1.210
2005	1.430	1.437	1.366	1.437	1.259	1.420	1.350	1.158	1.185	1.106	1.187	1.349	1.290	1.350
2006	1.103	1.063	1.069	1.063	972	1.072	1.088	1.018	1.297	1.161	1.108	951	1.117	1.088
2007	1.211	1.260	1.224	1.260	1.202	1.192	1.116	1.024	1.326	1.087	1.042	1.033	1.135	1.116
2008	1.403	1.426	1.352	1.426	1.381	1.352	1.365	952	1.388	1.279	1.372	1.145	1.243	1.365
2009	1.158	1.074	1.112	1.074	988	1.091	1.152	1.072	1.439	1.188	1.251	991	1.199	1.152
2010	975	979	943	979	942	940	963	698	1.024	938	990	765	936	963
2011	846	793	816	793	756	841	887	976	1.074	1.000	956	929	1.084	887
2012	1.190	1.198	1.138	1.198	1.131	1.154	1.160	918	1.315	1.077	1.172	835	959	1.160
2013	1.105	1.102	1.087	1.102	1.058	1.064	1.076	931	1.272	1.112	1.108	955	1.049	1.076
2014	1.387	1.510	1.404	1.510	1.465	1.368	1.246	997	1.374	1.026	1.135	1.076	1.063	1.246
2015	1.005	1.047	1.004	1.047	1.027	1.030	954	821	916	641	881	579	579	954
2016	695	841	928	721	743	581	690	550	974	898	843	943	1.026	857
2017	717	1.440	1.371	1.440	1.416	1.414	1.302	1.304	1.247	873	1.206	734	869	1.302
2018	1.029	1.060	1.048	1.060	1.041	1.038	991	820	1.036	829	970	647	835	991
2019	1.115	1.109	1.087	1.109	1.062	1.077	1.057	630	1.113	860	1.056	512	761	1.057
2020	1.416	1.359	1.419	1.359	1.292	1.350	1.365	927	1.280	889	1.305	583	615	1.365
2021	1.295	1.326	1.240	1.326	1.288	1.312	1.257	1.019	1.191	1.047	1.201	1.055	1.124	1.257
2022	1.180	1.165	1.219	1.165	1.094	1.052	1.052	833	1.122	1.041	1.062	903	1.193	1.052

Anexo 3

Superficie, producción y rendimiento agrícola en el departamento de Santa Cruz

Años	Superficie		Produccion		Rendimiento	
	Ha	Variacion Anual %	TM	Variacion Anual %	(TM/Ha)	Variacion Anual %
1981	264.851	-	3.020.631	-	11,4	-
1982	224.006	-15%	2.554.327	-15%	11,4	0%
1983	300.695	34%	2.392.725	-6%	8,0	-30%
1984	347.808	16%	2.615.374	9%	7,5	-6%
1985	271.721	-22%	2.468.582	-6%	9,1	21%
1986	251.876	-7%	2.087.419	-15%	8,3	-9%
1987	282.419	12%	1.980.446	-5%	7,0	-15%
1988	329.382	17%	2.453.152	24%	7,4	6%
1989	432.977	31%	3.230.104	32%	7,5	0%
1990	506.857	17%	4.284.318	33%	8,5	13%
Promedio 1980s	321.259	9%	2.708.708	6%	8,4	-2%
1991	605.221	19%	3.859.662	-10%	6,4	-25%
1992	617.067	2%	3.660.732	-5%	5,9	-7%
1993	702.203	14%	4.293.081	17%	6,1	3%
1994	879.507	25%	5.066.645	18%	5,8	-6%
1995	945.937	8%	5.478.399	8%	5,8	1%
1996	1.096.163	16%	5.372.965	-2%	4,9	-15%
1997	1.217.780	11%	5.121.879	-5%	4,2	-14%
1998	1.278.053	5%	4.983.915	-3%	3,9	-7%
1999	1.187.174	-7%	5.354.692	7%	4,5	16%
2000	1.182.691	0%	6.504.369	21%	5,5	22%
Promedio 1990s	971.180	9%	4.969.634	5%	5,1	-3%

Continúa en la siguiente página...

Continúa de la anterior página...

Años	Superficie		Produccion		Rendimiento	
	Ha	Variacion Anual %	TM	Variacion Anual %	(TM/Ha)	Variacion Anual %
2001	1.289.162	9%	6.923.649	6%	5,4	-2%
2002	1.292.740	0%	7.483.830	8%	5,8	8%
2003	1.434.811	11%	7.459.077	0%	5,2	-10%
2004	1.630.974	14%	7.805.449	5%	4,8	-8%
2005	1.701.975	4%	8.698.918	11%	5,1	7%
2006	1.833.135	8%	9.335.721	7%	5,1	0%
2007	1.857.367	1%	10.323.979	11%	5,6	9%
2008	1.972.783	6%	11.175.945	8%	5,7	2%
2009	1.874.711	-5%	9.007.883	-19%	4,8	-15%
2010	1.951.308	4%	9.467.575	5%	4,9	1%
Promedio 2000s	1.683.897	5%	8.768.203	4%	5,2	-1%
2011	2.252.872	15%	11.655.864	23%	5,2	7%
2012	2.547.127	13%	12.760.432	11%	5,0	-3%
2013	2.529.801	-1%	12.516.422	-2%	4,9	-1%
2014	2.491.251	-2%	12.704.745	2%	5,1	3%
2015	2.532.161	2%	12.641.257	-1%	5,0	-2%
2016	2.408.901	-5%	12.907.216	3%	5,4	7%
2017	2.618.777	9%	14.432.921	13%	5,5	3%
2018	2.730.801	4%	14.558.194	1%	5,3	-4%
2019	2.758.112	1%	15.013.473	4%	5,4	2%
2020	2.874.441	4%	16.388.718	11%	5,7	5%
2021	3.010.623	5%	15.316.051	-8%	5,1	-12%
Promedio 2010s	2.614.079	4%	13.717.754	5%	5,2	0,5%

Anexo 4 Deforestación en Santa Cruz, 2001-2022

Año	Deforestación Anual (ha)	Deforestación Acumulada (ha)	Variación Anual de la Deforestación (%)	Deforestación Quinquenal (ha)	Variación Quinquenal (%)
2001-2005					
2001	68.149	-	-	529.964	-
2002	99.164	167.313	46%		
2003	104.896	272.209	6%		
2004	118.312	390.521	13%		
2005	139.443	529.964	18%		
2006-2010					
2006	135.211	665.175	-3%	851.886	61%
2007	109.764	774.939	-19%		
2008	242.429	1.017.368	121%		
2009	133.037	1.150.405	-45%		
2010	231.445	1.381.850	74%		
2011-2015					
2011	189.372	1.571.222	-18%	708.281	-17%
2012	164.052	1.735.274	-13%		
2013	101.368	1.836.642	-38%		
2014	137.802	1.974.444	36%		
2015	115.687	2.090.131	-16%		
2016-2020					
2016	332.598	2.422.729	187%	1.268.321	79%
2017	301.992	2.724.721	-9%		
2018	222.234	2.946.955	-26%		
2019	248.438	3.195.393	12%		
2020	163.059	3.358.452	-34%		
2021-2022					
2021	227.083	3.585.535	39%	529.512	--
2022	302.429	3.887.964	33%		
Total	3.887.964				



Esta publicación es posible gracias al apoyo de:



ISBN: 978-9917-9818-9-3



9 789917 981893