

El epicentro de la deforestación en Bolivia: impactos socioecológicos, concentración de la tierra e impunidad en el municipio de San Ignacio de Velasco

Stasiek Czaplicki/Periodista de Datos y Economista Ambiental

Roberto Navia/Periodista de Investigación

Carlos Quezada Lambertin/Investigador IISEC-UCB

Introducción: Relevancia del trabajo

El presente trabajo reúne una serie inédita de dos reportajes investigativos centrados en la transformación ecológica, territorial y social del municipio de San Ignacio de Velasco, en el departamento de Santa Cruz, Bolivia. A partir de una articulación entre periodismo de datos, análisis geoespacial, uso de MapBiomás, testimonios de comunarios, autoridades nacionales y locales —incluidos dirigentes indígenas y alcaldes comunitarios—, y cruce de fuentes oficiales, los reportajes documentan con precisión el avance acelerado de la deforestación en el municipio entre 2012 y 2023. En este periodo, San Ignacio se consolidó como el principal epicentro de pérdida de vegetación nativa del país.

Más allá del dato cuantitativo, la investigación revela con evidencia contrastada que este proceso de transformación territorial no ha sido homogéneo ni espontáneo: se encuentra concentrado en propiedades medianas y empresariales, muchas de ellas vinculadas a dinámicas de tráfico de tierras y expansión agroganadera. El trabajo también expone la fragilidad institucional de los mecanismos de fiscalización ambiental, evidenciando que más del 69 % de los desmontes ilegales en San Ignacio no recibieron sanción alguna.

La serie cobra especial relevancia en un contexto en el que Bolivia ha alcanzado récords históricos de pérdida de cobertura vegetal, en gran parte invisibilizados por la opacidad institucional, el desinterés político o el uso selectivo de la información pública. Frente a este escenario, el uso riguroso de los datos de MapBiomás permite no solo dimensionar la magnitud del fenómeno, sino también georreferenciar su distribución, identificar sus actores y visibilizar sus impactos socioambientales.

Los reportajes serán publicados en Revista Nómadas, un medio boliviano de periodismo narrativo y multimedia, independiente y de alta calidad, y premiado en varias oportunidades a nivel nacional que recupera la crónica y el reportaje como géneros esenciales para explicar el mundo desde el terreno. Nómadas apuesta por contar historias desde los márgenes y desde adentro, con un enfoque humanista, ambiental y poético, integrando texto, imagen y sonido. Su ADN está marcado por la inmersión, el rigor y el compromiso con las voces invisibilizadas.

Este trabajo interdisciplinario —elaborado por un periodista de investigación, un economista ambiental especializado en periodismo de datos y un analista geoespacial— no solo busca denunciar una crisis socioecológica, sino también fortalecer el monitoreo ciudadano, aportar insumos relevantes para el control social y contribuir a una discusión crítica sobre gobernanza territorial, justicia ecológica y sostenibilidad. Frente a una narrativa dominante que normaliza el avance del extractivismo, esta investigación apuesta por la evidencia, la memoria y el derecho a la información.

Metodología y uso de datos de MapBiomias

La base de esta investigación fue un análisis técnico riguroso y reproducible de la deforestación en Bolivia, con énfasis en el municipio de San Ignacio de Velasco, departamento de Santa Cruz. El trabajo se sustentó en los datos de cobertura y uso del suelo proporcionados por la Colección 2.0 de MapBiomias Bolivia, disponibles como assets en la plataforma Google Earth Engine (GEE).

La estimación de la deforestación se realizó mediante una implementación en Python dentro del entorno Jupyter Lab, utilizando el paquete geemap como interfaz con GEE. Se adoptó un enfoque píxel-a-píxel, siguiendo la metodología descrita por Quintanilla et al. (2023)¹, que define la deforestación como la conversión de áreas clasificadas como bosque en el año base (2011) hacia coberturas antrópicas en los años posteriores. Se consideró como bosque a los píxeles clasificados con los códigos 3, 4 o 6 en la leyenda oficial de MapBiomias. Se consideraron como coberturas antrópicas las clases 15 (agricultura), 18 (pastos plantados), 21 (mosaico de usos), 24 (infraestructura urbana), 25 (otras coberturas antrópicas no naturales) y 30 (minería). No se incluyeron procesos de regeneración; por tanto, se trata de un cálculo de deforestación bruta acumulada entre 2012 y 2023.

Pasos seguidos

1. Selección del bosque remanente:

Se generó una máscara binaria del bosque remanente en 2011 (`classification_2011`), reclasificando los valores de cobertura a 1 (bosque) y 0 (no bosque). Esta capa funcionó como referencia para detectar los cambios en años posteriores.

2. Detección de cambio:

Para cada año entre 2012 y 2023, se comparó la cobertura (`classification_YYYY`) con la máscara de bosque base. Un píxel fue marcado como deforestado si:

- Era bosque en 2011.
- Cambió a cobertura antrópica en un año posterior. Cada evento de cambio fue codificado con el valor del año correspondiente (por ejemplo, 2017), generando así un raster de deforestación por año, con resolución de 30 m.

3. Actualización dinámica del bosque remanente:

Una vez identificado un píxel como deforestado, este fue excluido del análisis en años subsiguientes para evitar conteos múltiples. Esto asegura una estimación anual no redundante de la deforestación acumulada.

4. Agregación por unidades geográficas: Se generó un mosaico nacional de deforestación anual y se recortó espacialmente para analizar la pérdida de bosque específicamente en el municipio de San Ignacio de Velasco, utilizando su límite oficial vectorizado. Este análisis se desagregó además por distintas unidades territoriales clave:

- áreas protegidas, tanto nacional como municipales;
- tierras fiscales, es decir, aquellas sin titulación privada;

¹ Quintanilla, M., Cuéllar, S., Camargo, R., Espinoza, S., Tancara, A., Char, M., Mollinedo, E., & Varon, Y. (2023). *Deforestación en Bolivia: Cambios en la cobertura forestal 1956–2022*. Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN).

- y predios titulados por el Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), los cuales se agruparon según su régimen de tenencia en propiedad mediana o empresarial, campesina, e indígena —estas últimas organizadas como Tierras Comunitarias de Origen (TCO).

Esta clasificación territorial permitió vincular espacialmente los datos de deforestación con los distintos tipos de actor presentes en el territorio, aportando evidencia sobre los patrones de concentración y responsabilidades diferenciadas.

5. Cálculo de superficies deforestadas:

Se utilizó la función `ee.Image.pixelArea()` para convertir el raster de cambio a hectáreas por año. Luego, se aplicó el método `reduceRegions()` para sumar la deforestación por categoría de tenencia de tierra, empleando como atributo de agrupación el año del evento.

6. Validación de resultados: Los datos generados fueron validados por triangulación con:

- Estadísticas de la Autoridad de Bosques y Tierra (ABT) sobre deforestación en el municipio.
- Datos del Sistema Integrado de Información Productiva (SIIP) del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.
- Reportes técnicos de la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN)

7. Exportación de datos y elaboración de mapas: Finalmente, los resultados fueron exportados como tablas (Excel/CSV) y gráficos, desagregados por año y tipo de tenencia. Además, a partir del raster anual generado, se elaboraron mapas de deforestación mostrados en los reportajes.

Esta reportaje adapta y operacionaliza una metodología previamente desarrollada por Quintanilla et al. (2023), basada en el uso de datos abiertos de MapBiomás Bolivia en Google Earth Engine, para estimar la deforestación bruta anual a partir de una línea base de bosque en 2011. La implementación técnica se realizó en Python mediante la librería `geemap`, lo que permitió automatizar el análisis a escala municipal y desagregarlo por tipo de tenencia de la tierra, incorporando capas oficiales de límites, títulos de propiedad y áreas protegidas. Se añadió un componente adicional: la estimación del bosque remanente en 2023, como ejercicio prospectivo para dimensionar su grado de exposición futura.

Más allá del procesamiento técnico, el enfoque metodológico se propuso traducir estos resultados hacia el lenguaje narrativo y visual, con el fin de acercar la evidencia a públicos no especializados. Por ello, se han incorporado mapas de visualización rigurosos, reveladores y de fácil comprensión. Asimismo, algunos de los principales hallazgos han sido traducidos en indicadores accesibles, con equivalencias comprensibles para el público no técnico. También se profundizaron los impactos a través de datos de MapBiomás Agua, testimonios y entrevistas en territorio. Finalmente, la difusión de los reportajes se complementa con fotografías ilustrativas de San Ignacio de Velasco tomadas en los últimos años, junto a impactantes videos cortos de dron que refuerzan el componente visual. Esta articulación entre ciencia de datos, análisis territorial y periodismo permite fortalecer el control social, especialmente en contextos donde la información ambiental tiende a ser dispersa, opaca o inaccesible. La experiencia ofrece así una vía replicable para integrar

datos satelitales, análisis geoespacial y comunicación pública en el monitoreo de transformaciones territoriales.

Estructura y enfoque de los reportajes

La investigación está estructurada como una serie de dos reportajes investigativos complementarios, que combinan periodismo narrativo, análisis geoespacial y procesamiento riguroso de datos abiertos, con el objetivo de documentar y explicar la deforestación acelerada en el municipio de San Ignacio de Velasco, Santa Cruz, Bolivia. La narrativa se articula desde el terreno, integrando testimonios, mapas originales, cifras contrastadas y un análisis detallado de actores y dinámicas territoriales.

Parte I – En una Bolivia devorada por su propia frontera agrícola, San Ignacio de Velasco es el plato fuerte

Este primer reportaje introduce el contexto ecológico, social y político del municipio con mayor deforestación en Bolivia entre 2012 y 2023. Presenta evidencia sobre la magnitud del fenómeno, destacando que San Ignacio resguarda más del 6 % de los bosques del país y ha perdido más de 165 mil hectáreas solo en el periodo 2021–2023.

El texto combina cifras derivadas de MapBiomas estadísticas nacionales, datos de la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN) y testimonios locales. Además, visibiliza los impactos sociales y ambientales, como la escasez hídrica, el deterioro de la biodiversidad y el desplazamiento de comunidades indígenas, incluyendo al pueblo Guarasu'we.

Frente a este panorama, el reportaje destaca también casos locales de resiliencia, como la experiencia de la comunidad de Porvenir, que ha desarrollado un exitoso modelo de aprovechamiento sostenible del asaí. Este contraste permite mostrar que existen alternativas productivas viables a la expansión agroganadera y al modelo extractivo dominante.

La narrativa incluye recursos multimedia —gráficos de tendencias, fotografías y mapas— y está escrita en un tono accesible pero riguroso, con un enfoque humanista que permite acercar el análisis territorial y ecológico a un público amplio.

Parte II – Deforestación e incendios en San Ignacio de Velasco: ¿Quiénes son los dueños de la tierra donde ocurre?

El segundo reportaje complementa el enfoque territorial del primero con una indagación sobre la estructura de la propiedad de la tierra en San Ignacio de Velasco y su vinculación con los procesos de deforestación.

A partir del procesamiento de datos geoespaciales con Google Earth Engine y MapBiomas, y del cruce con la base oficial del Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), se logró identificar no sólo dónde se desmonta, sino también quiénes desmontan.

Con estos datos, el reportaje denuncia la impunidad estructural y la falta de gobernanza ambiental en uno de los territorios más estratégicos de Bolivia. La pieza también muestra la expansión de grupos colonos, el rol creciente de colonias menonitas y la presión que enfrentan las áreas protegidas, como el Bajo Paraguá.

A través de mapas temáticos, entrevistas con autoridades competentes en materia de deforestación y la defensoría del pueblo y análisis de datos oficiales, esta segunda entrega aporta claridad sobre

los actores concretos detrás del avance de la frontera agropecuaria, y plantea preguntas urgentes sobre la concentración de la tierra, la debilidad del control estatal y los límites del modelo extractivo.

4. Resultados y hallazgos principales

- San Ignacio de Velasco es el municipio con mayor deforestación absoluta del país entre 2021 y 2023, con un total de 165.049 hectáreas desmontadas, lo que representa el 15,22 % del total nacional para ese período. Esta cifra supera ampliamente su proporción de superficie forestal, lo que revela un patrón de sobrepresión sobre su ecosistema.
- Entre 2012 y 2023, San Ignacio perdió 397.578 hectáreas de bosque, de las cuales el 81 % se concentra a partir de 2017, marcando un punto de inflexión en la aceleración del desmonte.
- A través del cruce entre el raster anual de deforestación generado con MapBiomas y las capas de tenencia de la tierra del INRA, se identificó que:
 - El 52 % de la deforestación entre 2017 y 2023 ocurrió en propiedades medianas y empresariales.
 - El 36 % en tierras fiscales.
 - Solo el 0,9 % ocurrió en tierras indígenas, y el resto se distribuye entre propiedades campesinas (8 %) y pequeñas propiedades (4 %).
- La deforestación está fuertemente concentrada en pocas manos: 50 propiedades explican el 32 % del total desmontado en San Ignacio desde 2017. Las 10 propiedades con mayor deforestación concentran el 10,8 % del total municipal, y el 1,6 % del total nacional.
- De las más de 200.000 hectáreas autorizadas para desmonte por la ABT entre 2017 y 2023, se estima que alrededor del 38 % del total deforestado no contó con autorización, lo que implica potencial ilegalidad. A ello se suma que solo el 30,1 % de los casos ilegales fueron efectivamente sancionados, evidenciando una profunda impunidad estructural.
- De detectó también una progresiva pérdida de ecosistemas no boscosos y una disminución del 71,5 % de la superficie de cuerpos de agua en el municipio desde 1985, indicando un deterioro ambiental multisistémico.
- Finalmente, el trabajo visibiliza casos de resistencia comunitaria y propuestas de desarrollo alternativo, como el aprovechamiento sostenible del asaí en la comunidad de El Porvenir, que ha logrado revertir procesos de migración y generar empleo e ingresos significativos. Sin embargo, su sostenibilidad está hoy en riesgo por los incendios y la degradación ambiental.

5. Impactos esperados

Los impactos esperados se pueden desglosar en cuatro niveles complementarios:

Monitoreo ambiental basado en evidencia abierta: El trabajo demuestra la aplicabilidad de la plataforma MapBiomas Bolivia como base para generar diagnósticos territoriales precisos y

reproducibles. La metodología empleada —que utiliza imágenes satelitales anuales y procesamiento en la nube con Python y GEE— permite no sólo replicar el análisis en otros municipios, sino también escalarlo a otras unidades territoriales como áreas protegidas, predios titulados, o territorios indígenas. Este enfoque contribuye a ampliar las capacidades técnicas de periodistas, investigadores, activistas y organizaciones de base para monitorear la transformación del territorio sin depender exclusivamente de datos estatales.

Fortalecimiento del control social y la fiscalización ciudadana: Al visibilizar con claridad la localización, magnitud y actores principales detrás de la deforestación en San Ignacio de Velasco, la investigación provee insumos validados que pueden ser utilizados por comunidades afectadas, organizaciones indígenas, colectivos ambientalistas y órganos de control para exigir transparencia, aplicar normativa vigente o impulsar procesos de rendición de cuentas. La posibilidad de vincular espacialmente la deforestación con el tipo de tenencia de la tierra y los niveles de impunidad documentados representa un aporte sustantivo al debate sobre gobernanza territorial.

Incidencia en políticas públicas y marcos regulatorios: Si bien la investigación no fue concebida como un ejercicio de incidencia directa, los hallazgos presentados —incluyendo las brechas entre autorización y deforestación efectiva, los vacíos institucionales de fiscalización, y las alternativas sostenibles impulsadas por comunidades— ofrecen insumos valiosos para revisar políticas de ordenamiento territorial, incentivos productivos, control de avasallamientos y protección de ecosistemas críticos. Como corresponde en este caso, las autoridades competentes en materia de control y fiscalización de la deforestación, diputada del municipio, alcalde, dirigentes de organizaciones indígenas han sido consultadas sobre los resultados y su perspectiva esta siendo incorporada. Su publicación prevista en Revista Nómadas, un medio con alcance nacional e internacional, incrementa su potencial de impacto entre decisores políticos y actores del sistema de justicia ambiental.

Formación de una ciudadanía ambientalmente informada: Al traducir un análisis técnico complejo en reportajes narrativos, accesibles y visualmente poderosos, el trabajo busca tender puentes entre el conocimiento experto y el público general. La combinación de mapas interactivos, testimonios locales, datos procesados y lenguaje claro apunta a empoderar a la ciudadanía frente a un fenómeno que suele ser presentado de forma abstracta o tecnificada. En este sentido, la propuesta se alinea con el espíritu de MapBiomás: poner el conocimiento sobre el uso del territorio al servicio del bien común.

**A continuación, se presentan los textos completos de ambos reportajes. El primero ya ha sido concluido, mientras que el segundo se encuentra en fase final de edición y será completado en las próximas dos semanas. A este último se le añadirá, la identificación de las diez propiedades con mayor superficie deforestada en el municipio y registros de incendios recientes.*

Reportaje 1



En una Bolivia devorada por su propia frontera agrícola, San Ignacio de Velasco es el plato fuerte

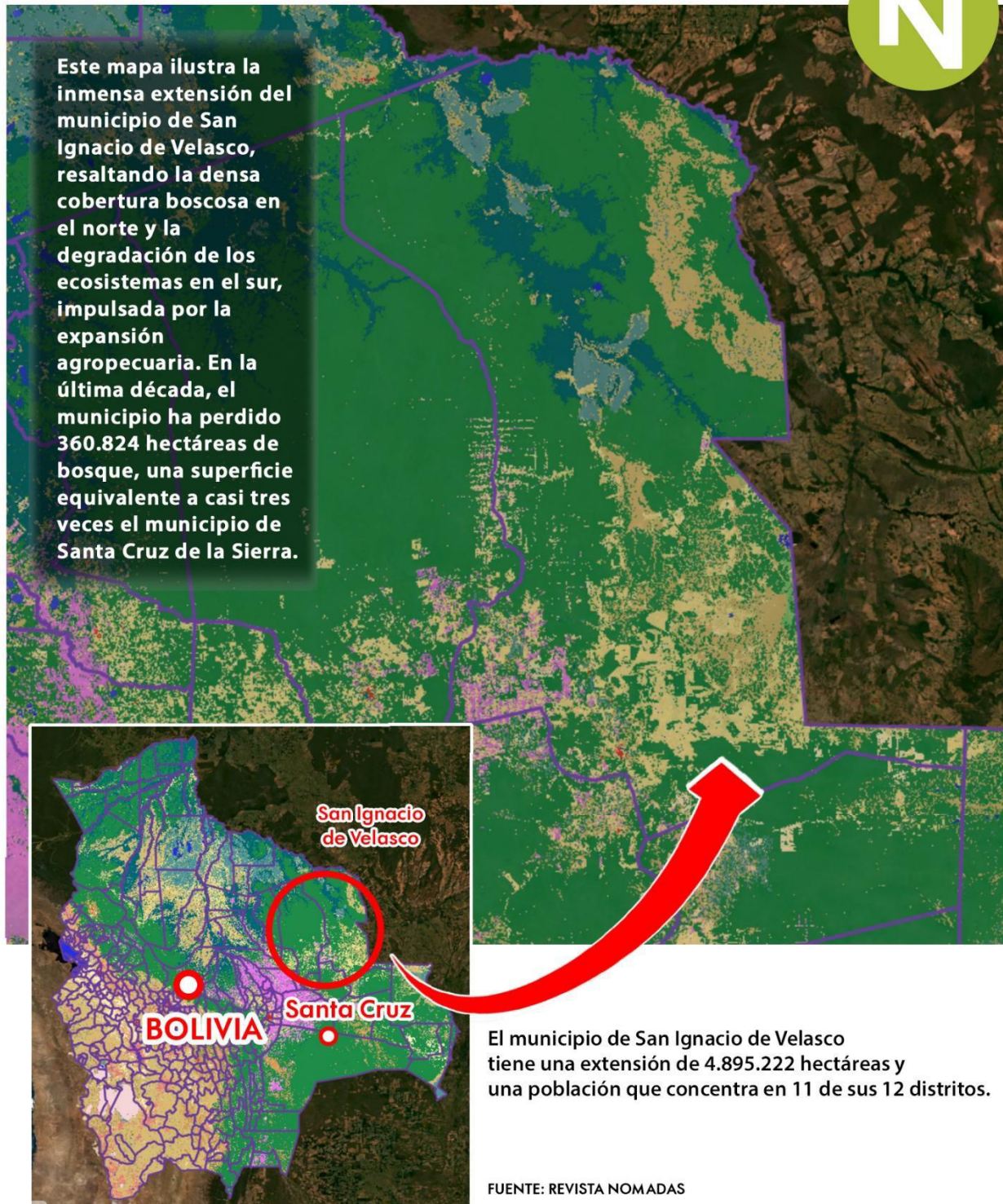
San Ignacio de Velasco, con 3,4 millones de hectáreas de bosque chiquitano —el 6,2% de los bosques de Bolivia—, se ha convertido en el epicentro de la deforestación en Bolivia. Mientras los incendios también consumen millones de hectáreas cada año, las comunidades indígenas luchan por sobrevivir en esta región donde la codicia devora un paraíso natural y amenaza con extinguir su legado ecológico y cultural.

Imaginar el corazón de la deforestación en Bolivia es conjurar la imagen de San Ignacio de Velasco, un municipio lleno de contrastes y paradojas. Este rincón del oriente boliviano, majestuoso en su vastedad ecosistémica, [alberga más de 3,4 millones de hectáreas de bosque](#), lo que representa el 6,2% de los bosques del país- una extensión comparable a todo el departamento de Tarija.

San Ignacio resguarda casi un millón de hectáreas más de bosque que departamentos enteros como Sucre, Cochabamba o Tarija, cuya cobertura forestal ronda los [2,5 millones de hectáreas](#). A ello se suman cerca de 773 000 hectáreas de ecosistemas no boscosos, principalmente herbazales naturales, [una superficie equivalente al doble del lado boliviano del lago Titicaca](#). En toda Bolivia, solo Charagua, el municipio más vasto del país, lo supera en extensión de ecosistemas, tanto boscosos como no boscosos.

Sus suntuosos bosques chiquitanos no solo albergan una biodiversidad excepcional, sino que también alimentan los ríos voladores, esas corrientes invisibles de humedad esenciales para la Amazonía y el continente. De ellos dependen las lluvias que sostienen la agricultura y la ganadería y mantienen en vida los ecosistemas terrestres y ríos. Son también el hogar de un pueblo cuya historia remonta a las reducciones jesuíticas y [de más de 100 comunidades indígenas y campesinas](#) que entre otros habitan la [TCO Bajo Paragua](#), un territorio vasto y remoto. En esa región del país también se encuentra el [Parque Nacional Noel Kempff Mercado, creado en 1979 y elevado al rango de Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 2000](#).

San Ignacio de Velasco: La pérdida forestal en el corazón del Bosque Chiquitano



Fuente elaboración Propia de Revista Nómadas en base a plataforma MapBiomias Bolivia.

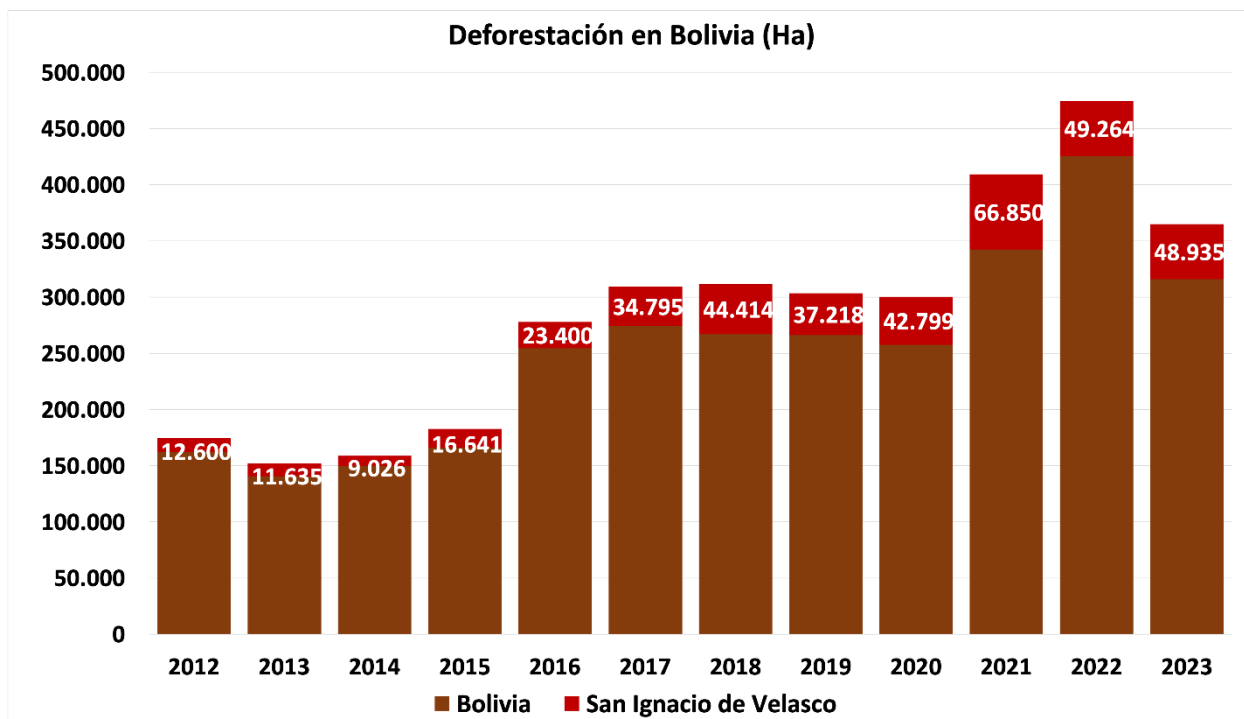
San Ignacio de Velasco es mucho más que un escenario de riqueza natural o el hogar de comunidades rurales. Es un territorio donde aún persiste la posibilidad de forjar alternativas a un [modelo agropecuario que avanza con una lógica de expansión implacable, despojando comunidades y arrasando bosques y ecosistemas](#).

En este vasto municipio, principalmente en las comunidades de la TCO Bajo Paragua y otras comunidades indígenas de San Ignacio de Velasco, [habitan aproximadamente 40 familias Guarasu'we](#), unos de los últimos grupos de este pueblo que aún perviven en el país. Como muchos otros pueblos indígenas, han sido víctimas de procesos históricos de colonización, desplazamiento y despojo territorial, una herida abierta sobre la cual el Estado boliviano carga una deuda histórica. En la actualidad [con escaso apoyo estatal, intentan llevar adelante una revitalización lingüística](#) que tiene pocas o nulas probabilidades de éxito. Su lengua, hablada únicamente por algunos adultos mayores, se encuentra en un estado crítico de extinción. La transmisión intergeneracional es casi inexistente debido a la falta de hablantes activos y al impacto de dinámicas sociales que han erosionado su uso cotidiano.

A pesar de ello, estos últimos hablantes [continúan transmitiendo conocimientos y relatos orales](#) guarasu'wes, en un esfuerzo por preservar su herencia cultural. Sin embargo, el avance del terricidio, que pone en riesgo no solo su lengua, sino la supervivencia misma de su pueblo pese a ser uno de los 36 pueblos indígenas originarios reconocidos por el Estado Plurinacional de Bolivia. A esto se suma que, en la comunidad indígena Chiquitana Guarasug'wé del Porvenir, una iniciativa comunitaria empresarial basada en productos forestales no maderables ha logrado un notable éxito. Aquel pone en entredicho la hegemonía del modelo de expansión predominante en la región, principalmente el ganadero. Sin caer en idealizaciones románticas, existen pocos casos tan exitosos socio-ecológicamente de aprovechamiento sostenible de asaí en la Chiquitania que como San Ignacio de Velasco vive [un contexto de progresiva degradación de las condiciones de vida en el área rural y emigración económica](#).

Apenas catorce años después de su primera cosecha, su crecimiento ha sido sostenido y ha alcanzado dimensiones envidiables. Para 2021, [lograron una producción de más de 140 toneladas de pulpa de asaí, de las cuales el 90 % se destinó a la exportación a la Unión Europea](#). Durante la zafra, generan empleo directo para 82 personas y han alcanzado ingresos superiores a 1,5 millones de bolivianos, lo que ha permitido revertir la emigración y hacer que la comunidad crezca de 80 a 140 familias. No obstante, aún persiste una marcada brecha de ingresos entre mujeres y hombres que sigue sin resolverse. Actualmente, cuentan con su propio sistema de energía solar, que les proporciona por fin electricidad las 24 horas, y con acceso a internet. Aunque aún carezcan de servicios básicos de calidad, como el de atención pública en salud, representan un cambio sustancial en su calidad de vida. Sin embargo, el 2024 les ha impuesto un desafío crítico: [los incendios han afectado una parte de las 39.388 hectáreas de su plan de manejo para el aprovechamiento sostenible del asaí](#), poniendo en riesgo un modelo de ingresos que les permite habitar el bosque sin destruirlo.

Frente a los constantes episodios de incendios, y continuo avance de la frontera agroindustrial y ganadera e incluso llegada de colonos, [la situación es cada vez más desoladora para esas poblaciones](#) que como el Porvenir buscan una vida digna sin destruir el bosque.



*Fuente elaboración propia en base a GEO FAN de **Fundación Amigos de la Naturaleza** (2025) y a estimaciones propias de Revista Nomadas en base a datos de MapBiomias Bolivia.*

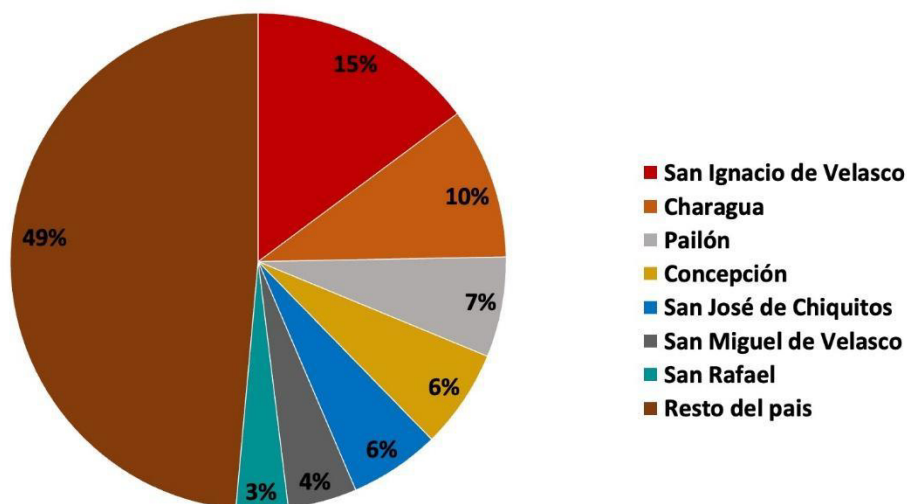
El ciclo de la deforestación moderna en Bolivia se gestó a finales de los años 80, cuando la agroindustria sojera y la ganadería comenzaron su expansión sobre los bosques del Norte Integrado cruceño. Pero fue [a partir de 2016 que la expansión agropecuaria entró en una nueva fase](#), acelerándose hasta alcanzar niveles sin precedentes. [La deforestación anual saltó de 150.000 a casi 250.000 hectáreas](#), marcando el inicio de un asalto despiadado contra los ecosistemas. Luego, el cataclismo: [en 2021, 2022 y 2023, los récords históricos se pulverizaron con 342.296, 425.383 y 316.100 hectáreas arrasadas](#), es decir, 108, 134 y 100 m2por segundo, cada segundo, durante un año entero. Aunque son las últimas estimaciones disponibles públicamente, la realidad del 2024 vislumbra algo aún más sombrío: la destrucción no solo continuó, sino que se intensificó. En este panorama distópico, San Ignacio de Velasco ha emergido como el epicentro de la deforestación en Bolivia.

Desmonte e incendios: San Ignacio de Velasco al borde del colapso ecosistémico.

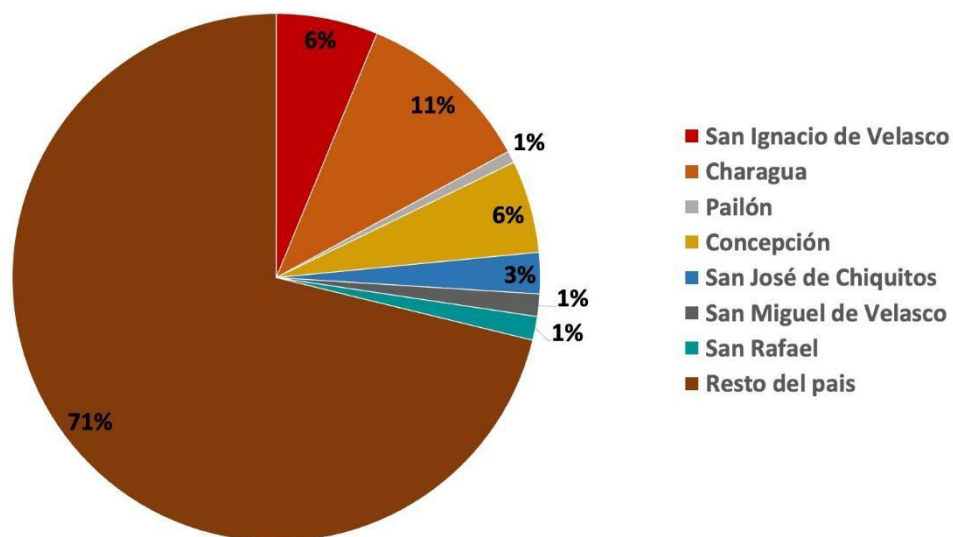
Desde 2006, San Ignacio de Velasco ha pasado de ser un actor secundario en la devastación forestal a ocupar un lugar protagónico en esta tragedia ecológica. De ocupar el décimo puesto municipal en superficie deforestada, ascendió rápidamente hasta consolidarse entre los cinco municipios más afectados, junto a San José de Chiquitos, Pailón, Charagua y San Julián. Pero fue a partir de 2017 cuando se convirtió en el epicentro absoluto del desmonte forestal, superando año tras año al resto del país y afianzándose como el municipio con la mayor pérdida de bosques en Bolivia. Entre 2021 y 2023, San Ignacio vio desmontarse 165.049 hectáreas² de su bosque, un asombroso 15,22 % de la deforestación total del país en ese período. En otras palabras, aunque concentra una porción de la deforestación que es más del doble de su peso forestal, un desequilibrio elocuente.

² Según estimaciones propias de Revista Nómadas *en base a datos de MapBiomias Bolivia*.

Distribución de la deforestación 2021 y 2022 en Bolivia: Concentración en los principales municipios



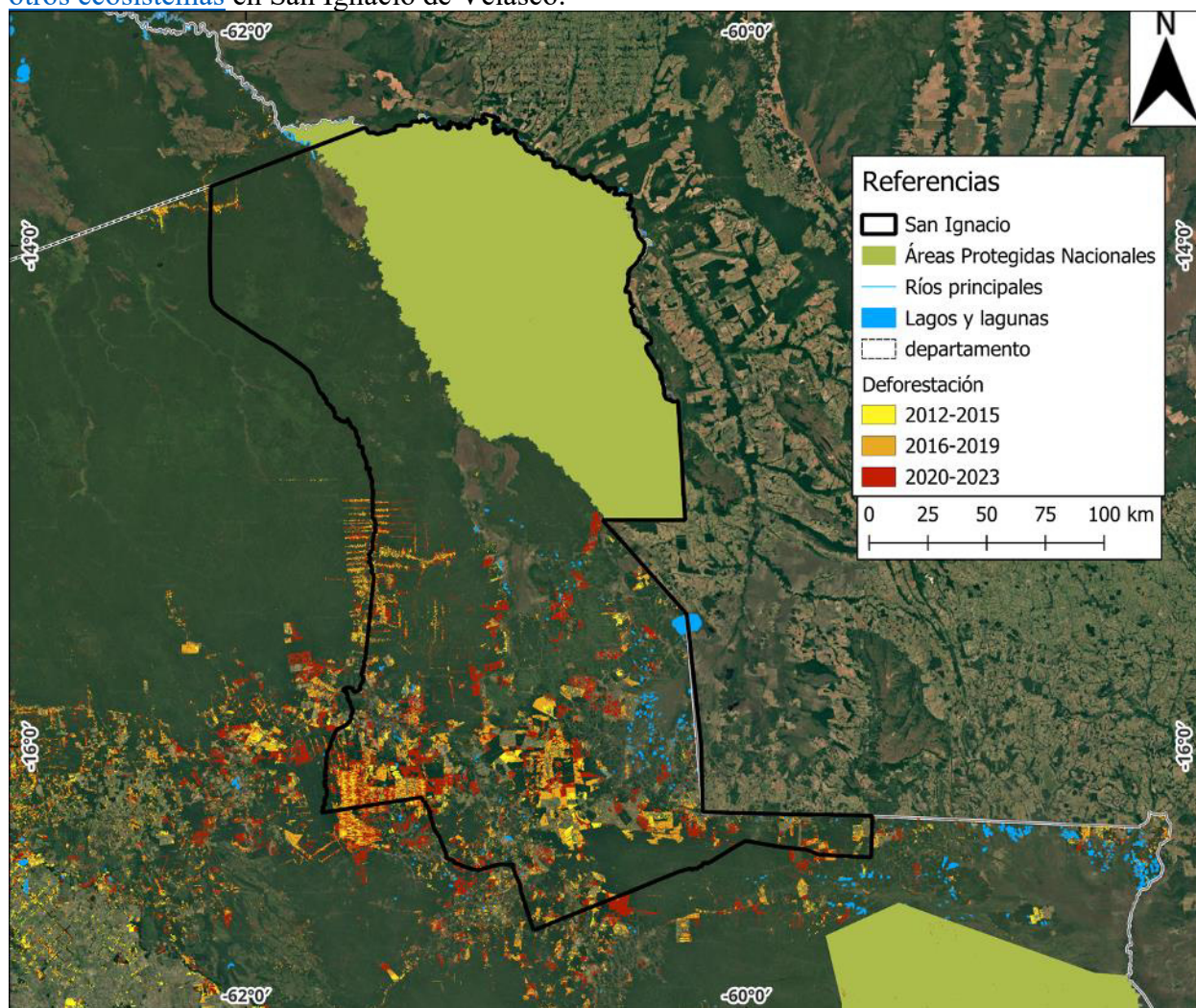
Distribución de Bosque al 2022 en Bolivia: Concentración en los principales municipios



*Elaboración en base a estimaciones de **Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN)**. (2024). Deforestación en Bolivia 1956-2022: Tendencias, patrones y factores de cambio. FAN Bolivia.*

Es cierto que hay municipios más pequeños con tasas de deforestación aún más alarmantes en términos relativos, pero entre los 29 municipios más extensos y boscosos del país —que en conjunto resguardan el 54 % de los bosques de Bolivia— ninguno sufre un proceso de destrucción

más acelerado que San Ignacio de Velasco. Siete municipios³ cruceños concentran [el 51,4 % de la deforestación nacional, pese a albergar solo el 28,9 % de los bosques del país](#), y San Ignacio encabeza esta lista trágica. Este fenómeno ya no se limita a la pérdida de bosque seguida por un cambio de uso de suelo: la destrucción avanza de manera implacable hacia ecosistemas no boscosos. En 2023, se registró la pérdida⁴ de [48.867 hectáreas de bosque y 12.960 hectáreas de otros ecosistemas](#) en San Ignacio de Velasco.



*Mapa de deforestación de San Ignacio de Velasco y sus alrededores.
Elaboración Propia de Revista Nómadas en base a datos de MapBiomass Bolivia..*

En 2024, los incendios alcanzaron proporciones catastróficas. [Según la Fundación Tierra](#), San Ignacio fue el segundo municipio más afectado del país, con más de 1,4 millones de hectáreas arrasadas por el fuego, lo que representa el 14,5% del área afectada a nivel nacional. En este rincón de la Chiquitania, la devastación no solo es descomunal en magnitud, sino que avanza en un

³ San Ignacio de Velasco, Pailón, Charagua, Concepción, San José de Chiquitos, San Miguel de Velasco y San Rafael.

⁴ En caso de querer entender con mayor profundidad estos términos puedes acceder a nuestra [guía didáctica para entender los indicadores de los bosques en Bolivia](#)

silencio preocupante. Pese a su impacto colosal, la crisis ecológica que aquí se gesta sigue sin ocupar el lugar que merece en el debate público ni recibir la urgente atención que exige la magnitud del desastre.

La crisis trasciende la devastación de los ecosistemas por incendios o el avance del desmonte. El acceso al agua no solo está en riesgo, sino que ya no puede garantizarse. La deforestación y la degradación de los ecosistemas por el fuego han exacerbado la sequía en un contexto de profundo cambio climático. Aquello desde luego pone también en riesgo la producción agropecuaria de la región así como la salud pública y bien estar de la población.

Desde 1985 hasta la actualidad, la superficie de lagunas, ríos y otros cuerpos de agua en el municipio [se ha reducido en un 71,5 %](#), una cifra alarmante. A su vez, desde 2019, no ha habido un solo año en que la sequía no haya golpeado con severidad la región. En 2021, la crisis hídrica alcanzó su punto más crítico: [la sequía crónica secó por completo la represa del Guapomó, cuyos niveles descendían año tras año, dejando a 30.000 personas sin acceso al agua](#).

En los últimos seis años, el gobierno municipal de San Ignacio de Velasco se ha declarado en desastre por sequía al menos en cinco ocasiones⁵. Esto significa que sus reservas hídricas están peligrosamente bajas y que no cuentan con los recursos suficientes para enfrentar la crisis. Con cada declaratoria, buscan que instancias superiores, tanto departamentales como nacionales, intervengan con medidas urgentes. Estas acciones incluyen el racionamiento del agua, con excepción del consumo humano y animal, así como para la atención de incendios.

Lo más preocupante es que estas restricciones se activan entre julio y agosto, mucho antes de que los incendios alcancen su máxima intensidad en septiembre y octubre. Para entonces, cuando se requieren enormes volúmenes de agua para combatir el fuego, las reservas ya están al límite, [lo que dificulta aún más esta labor](#) y reduce drásticamente sus posibilidades de éxito.

Además, los incendios, que se han vuelto recurrentes en la región, obligaron en [2023](#) y [2024](#) a suspender las clases escolares. Sin embargo, ello no significa que la salud de niños y niñas haya sido protegida dado que el aire contaminado está desde luego presente en los hogares. El humo no solo interrumpe su educación, sino que también deja una huella profunda en sus cuerpos y espíritus, afectando su bienestar físico y emocional de manera irreversible. La población local ha pedido en varias oportunidades a las autoridades [municipales](#), departamentales y nacionales de actuar de forma efectiva para frenar sin que de algún resultado.

La diputada cruceña, María Renee Álvarez, enfatizó que conoce, por un estudio de Fundación Natura Bolivia, que en los últimos tres años se perdieron 850 mil hectáreas en la Chiquitania.

“Para esa gran cantidad de hectáreas la expansión de la frontera agrícola no puede ser la única causante de la deforestación en nuestra Chiquitania, como pretende hacer ver el Gobierno y algunas ONGs. Esa es solo una parte del problema. Acá tiene mucho que ver el tráfico de tierras, fomentado por el propio Gobierno y sus organizaciones sociales, en un círculo de avasallamiento, toma de tierras, saneamiento ilegal, desmontes y venta de terrenos”, señaló y enfatizó que “esos terrenos muchas veces tomados por estos sindicatos de interculturales, luego son vendidos a agroempresarios y a extranjeros, como las colonias menonitas, que, según el Proyecto de Monitoreo de la Amazonía Andina, son causantes de un tercio de la deforestación en Santa Cruz”. Otro factor para la deforestación en San Ignacio de Velasco —según la diputada Álvarez, es la incapacidad de las autoridades subnacionales para poder controlar y cortar el negocio de los avasalladores. “Por ejemplo, el Área Protegida Municipal del Bajo Paraguá es muy apetecida por

⁵ Ley Municipal 413/2019, 432/2020, 540/2022, 543/2023, 613/2024

sus 983.006 hectáreas, y pese a tener leyes que protegen la región, acá es donde más grupos de avasalladores ingresan cada año, provocando los incendios forestales para "chaquear" la tierra". Desde octubre de 2023, la diputada dijo que espera que el alcalde Ruddy Dorado cumpla con la [Acción de Cumplimiento que dictó la Sala Constitucional Tercera del Tribunal Departamental de Justicia de Santa Cruz](#), “pero hasta ahora no actúa y seguro veremos más asentamientos ilegales como pasó poco antes del Censo con casetas en pleno bosque seco que, además, fueron censadas por el INE”.

Revista Nómadas solicitó al alcalde de San Ignacio de Velasco, Ruddy Durado, una entrevista para tener su contraparte para este reportaje. Se le escribió a su número de WhatsApp, pero no respondió. La autoridad municipal habló con Nómadas en octubre del 2022 y esa ocasión dijo [“que lo que quiere es hacer las cosas de una forma amigable con los avasalladores, porque no tiene la fuerza para sacarlos del Área Protegida Municipal del Bajo Paraguará”](#).

Además de los desmontes, la Chiquitania ha sido afectada por los incendios forestales y el Bajo Paraguará ha sido uno de los lugares donde el fuego ha lastimado enormemente. Esto lo sabe Rolvis Pérez, uno de los líderes de la planta despulpadora de Asaí que tiene sus instalaciones en la comunidad de Porvenir: “Estamos en la etapa final de la evaluación del impacto de los incendios en las áreas de manejo silvestre del asaí”, dijo a Revista Nómadas, adelantando que el impacto en la naturaleza ha sido considerable.

Desde el estómago del desastre

El sol apenas logra filtrarse entre un cielo opaco, cubierto por una capa de polvo y ceniza que flota sobre lo que alguna vez fue un bosque vibrante en San Ignacio de Velasco. Donde antes los árboles se alzaban como abuelos protectores, ahora son apenas un paisaje desolado, una llanura sin pájaros cantones. La deforestación galopante ha barrido con todo: las aves, que llenaban el aire con sus trinos al amanecer, han desaparecido, dejando un silencio inquietante que pesa como una sentencia. Ni un mono aullador, ni el correteo de un tatú, ni el zumbido de insectos que alguna vez fueron la orquesta de esta selva. La vida se ha esfumado, y en su lugar solo queda un eco vacío, un terreno estéril que huele a diésel y a codicia. Las comunidades cercanas, como las de la TCO Bajo Paraguará, miran con impotencia cómo su hogar se convierte en un desierto sin fin, un cementerio de troncos que no ofrece sombra ni esperanza.

Más allá, tras los incendios de 2024, el escenario cambia pero no mejora. El fuego ha devorado la tierra hasta dejarla negra, un mar de cenizas que se extiende hasta donde alcanza la vista. Los árboles, o lo que queda de ellos, son tristes esqueletos retorcidos, sus ramas desnudas apuntando al cielo en un grito mudo de auxilio. El aire está cargado de un olor de angustia que quema la garganta. Los ríos voladores, esas arterias de humedad que sostenían la vida, se han debilitado; el agua escasea, y las lagunas que antes reflejaban el verde del bosque ahora son charcos turbios o simples manchas secas en el suelo. Los habitantes de varias comunidades, que dependían del asaí, del copaibo, por ejemplo, caminan entre los restos de su plan de manejo, contando las hectáreas quemadas como quien cuenta las bajas tras una guerra.

Retrocediendo en el tiempo, el bosque deforestado cuenta otra historia de traición. Hace apenas unas décadas, este lugar era un santuario de biodiversidad, un refugio donde los Guarasu'we tejían sus relatos y las comunidades chiquitanas cosechaban los frutos de la tierra sin herirla. Pero la frontera agrícola avanzó como una plaga, con motosierras que rugían día y noche, abriendo paso a la soya y al ganado. Hoy, el suelo, agotado por el monocultivo y la ganadería, no canta ni respira;

está mudo, convertido en un páramo donde el viento arrastra polvo en lugar de semillas. Las voces de los ancianos Guarasu'we, que aún intentan susurrar su lengua al borde de la extinción, se pierden en un paisaje que ya no las reconoce, un lugar que ha olvidado su propia alma.

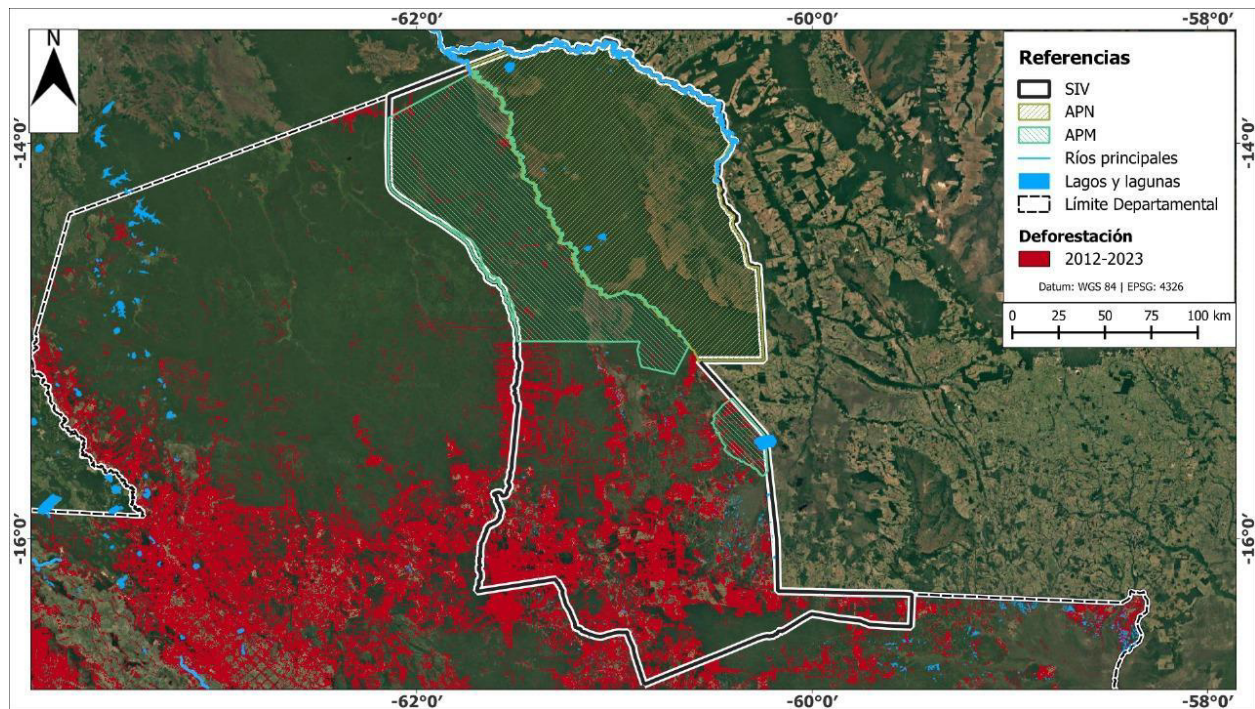
Y luego está el bosque quemado, un testimonio de la furia descontrolada del fuego y la negligencia humana. En septiembre del 2024, cuando los incendios alcanzaron su clímax, el cielo se tiñó de rojo y el humo envolvió a San Ignacio, a Concepción, a San Javier y a la mismísima Santa Cruz de la Sierra (la capital del departamento) como una niebla tóxica. Los niños tosían en sus casas, las escuelas cerraron, y los bomberos voluntarios luchaban con baldes y ramas contra un enemigo que los superaba en fuerza y extensión. Ahora, el suelo sigue caliente en algunos puntos, y las cenizas se arremolinan con cada paso. Aquí no hay renacer, no hay brotes verdes que prometan un mañana; solo hay un vacío que duele a la vista, un recordatorio de lo que se perdió. Entre los restos, Polonia Supepi, de Río Blanco, recoge lo que queda de una palmera de cusi, su rostro surcado por el cansancio y la incertidumbre. El bosque, su sustento, su historia, se ha reducido a esto: un campo de batalla donde la naturaleza mira con ojos de pedido de auxilio, y el futuro pende de un hilo tan frágil como el humo que aún flota en el aire.

Frente a toda esta ofensiva de los desmontes e incendios y sus severos impactos socio-ecológicos, la paradoja persiste: San Ignacio alberga solo el [5,6 % del hato ganadero boliviano](#) y apenas [el 1,2 % de la superficie agrícola del país](#). Hoy, los ecosistemas de San Ignacio enfrentan un asedio sin precedentes y su población el inicio de una crisis ecológica frente a la cual están desamparados. La deforestación los cercena a un ritmo vertiginoso, convirtiendo esta región en el escenario de una de las batallas más críticas de nuestra historia reciente.

Ahora bien, dicho esto, ¿qué está sucediendo realmente? ¿De quién es la responsabilidad? Y, lo más importante, ¿cómo podemos, como ciudadanía, ejercer la fiscalización y el control social necesarios para detenerlo y evitar que vuelva a ocurrir?

**

Reportaje 2



Deforestación e incendios en San Ignacio de Velasco: ¿Quiénes son los dueños de la tierra donde ocurre?

[Este es el segundo capítulo de una serie de reportajes que Revista Nómadas emprende a lo largo de 2025, con el objetivo de adentrarse en la compleja trama de la deforestación y los incendios, y sus profundas consecuencias en San Ignacio de Velasco.]

A raíz de la nota [Nombre y hyperlink del primer reportaje], que arroja luces sobre la problemática de los ecosistemas boscosos y sus ramificaciones socioecológicas en San Ignacio de Velasco, varias preguntas siguen pendientes.

Una de las más urgentes: ¿quiénes son los responsables de la creciente deforestación en esta región? Este reportaje se propone justamente abordar esa interrogante, investigando, en primera instancia, quiénes son los propietarios de las tierras en las que se lleva adelante este proceso de transformación del paisaje.

Como Revista Nómadas ha señalado [en anteriores entregas](#), la pérdida de cobertura vegetal —tanto en ecosistemas boscosos como no boscosos— responde a múltiples fenómenos.

Por un lado, los incendios, cada vez más recurrentes, que si bien suelen iniciarse como quemas en predios privados o tierras fiscales, pueden propagarse incontrolablemente durante kilómetros, afectando ecosistemas en propiedades ajenas a quienes originaron el fuego. Por otro lado, el desmonte mecanizado, un proceso planificado y costoso que implica la tala con maquinaria pesada

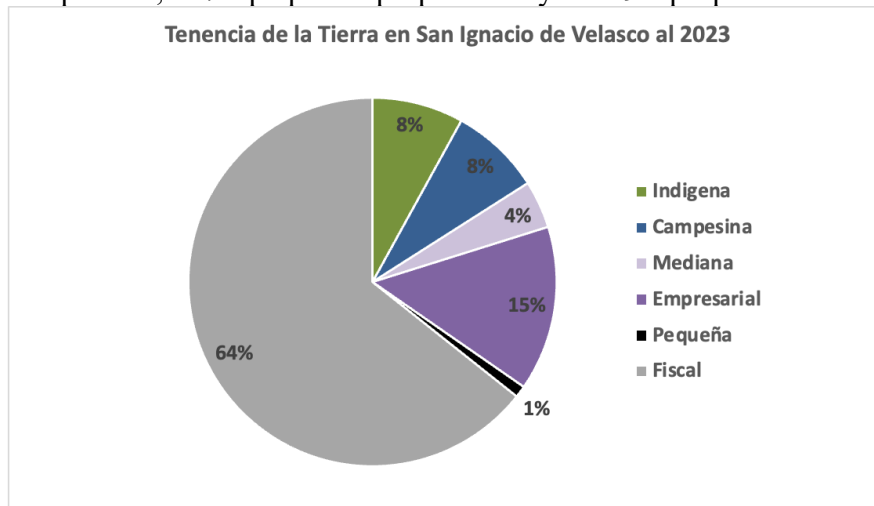
y la posterior quema del material vegetal seco. A diferencia de los incendios accidentales, este tipo de deforestación responde directamente a decisiones de los propietarios, aunque sea ejecutado por terceros.

En el primer caso —los incendios—, si no son seguidos por un cambio en el uso del suelo (por ejemplo, si la tierra no se destina posteriormente a actividades agrícolas o ganaderas), existe la posibilidad de que el ecosistema se regenere con el tiempo. En cambio, el desmonte mecanizado implica una destrucción deliberada y permanente del ecosistema, con el objetivo explícito de habilitar nuevas tierras para la producción agropecuaria.

Aunque incendios y desmonte son dos expresiones distintas de la expansión de la frontera agropecuaria, rara vez se superponen. Entre 2019 y 2024, por ejemplo, los incendios afectaron, según estimaciones oficiales, cerca de 36 millones de hectáreas en Bolivia, de las cuales [los mismos sitios pudieron ser afectados en años diferentes](#). A su vez, según datos de la Fundación Amigos de la Naturaleza, la deforestación durante el mismo periodo sumó un [total de 2,1 millones de hectáreas](#), una superficie equivalente a un poco más de la mitad del departamento de Tarija. Además, según la misma institución, [hasta 2022 el porcentaje de deforestación ocurrido en zonas previamente afectadas por incendios no supera el 12 %](#). En otras palabras, incluso en los años con mayor incidencia de incendios, al menos el 88 % de la deforestación tuvo lugar en áreas que no habían sido previamente afectadas por incendios.

A partir de ello, el análisis que se desarrolla a continuación en este artículo se centrará en la deforestación, entendida como un fenómeno de origen antropogénico vinculado al cambio de uso de suelo forestal y a la pérdida permanente de los ecosistemas afectados por el desmonte.

Primero, examinemos la estructura de la tenencia de la tierra en el municipio de San Ignacio de Velasco, cuya [extensión total es de 4.895.939 hectáreas](#). Según los datos disponibles, la distribución de la tierra en el municipio se descompone de la siguiente manera: la tierra fiscal, es decir, de propiedad estatal, representa el 64 % del total; la propiedad empresarial o mediana, el 19 %; la propiedad indígena, el 8 %; la propiedad campesina, también el 8 %; y la pequeña propiedad, apenas el 1 %. En términos absolutos, el municipio registra un total de 453 propiedades rurales, de las cuales 219 corresponden a propiedades empresariales o medianas, 98 a propiedades campesinas, 127 a pequeñas propiedades y solo 9 a propiedades indígenas.



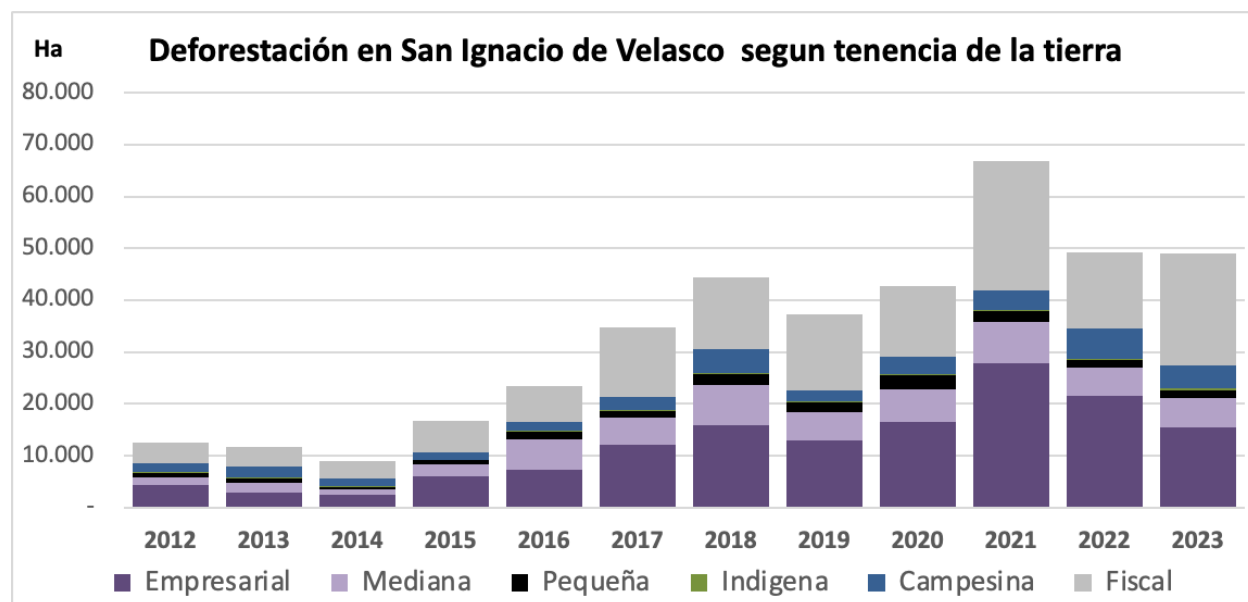
Elaboración Propia de Revista Nómadas en base a datos de MapBiomias Bolivia

Esta distribución revela una marcada concentración de la tierra en manos de medianas y grandes unidades productivas, mientras que las propiedades comunitarias —indígenas, campesinas— y las pequeñas propiedades representan una porción claramente minoritaria.

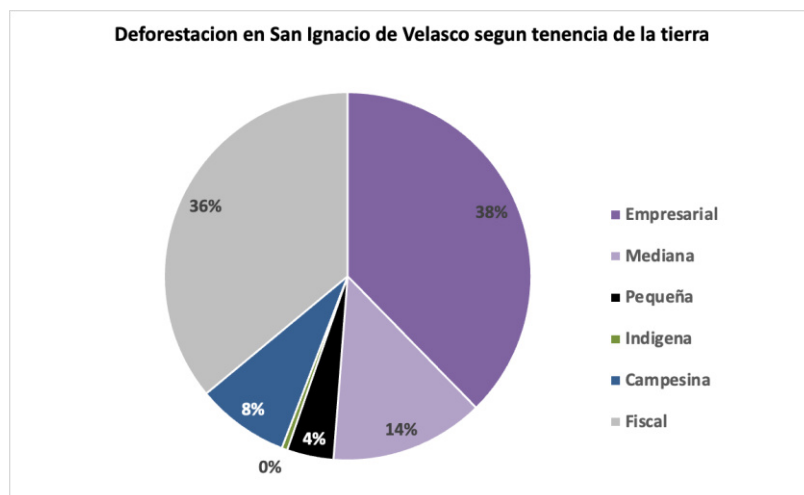
Es importante señalar que algunos de los dueños de estas propiedades mantienen vínculos familiares o económicos entre sí, una situación común en este municipio y, en realidad, característica en muchas regiones del país. Un caso particular dentro de esta estructura es el de las colonias menonitas, que se encuentran presentes en diversas categorías de propiedad sin que exista una clasificación oficial que las agrupe. No obstante, [su presencia y expansión en el municipio está ampliamente documentada](#).

Segundo, un aspecto clave para entender la deforestación en Bolivia es identificar *quiénes* están detrás de ella. En el municipio de San Ignacio de Velasco, entre 2012 y 2023, se deforestaron 397.578 hectáreas. De esa cifra, el 81% corresponde al periodo comprendido desde 2017, revelando un acelerado avance de la frontera agropecuaria en los últimos años.

¿Pero a qué tipo de propiedad corresponde esa deforestación? Los datos disponibles son contundentes. Desde 2017, la mayor parte del desmonte se concentra en tierras de propiedad empresarial o mediana, que representan un 52% del total. Le sigue la tierra fiscal —es decir, propiedad del Estado— con un 36%. En contraste, la deforestación en tierras indígenas es prácticamente marginal: menos del 1%. La propiedad campesina explica un 8%, y la pequeña propiedad apenas un 4%. En el caso de la propiedad empresarial y mediana, concentra una proporción casi 3 veces mayor a la extensión de tenencia de la tierra que representa en San Ignacio de Velasco.

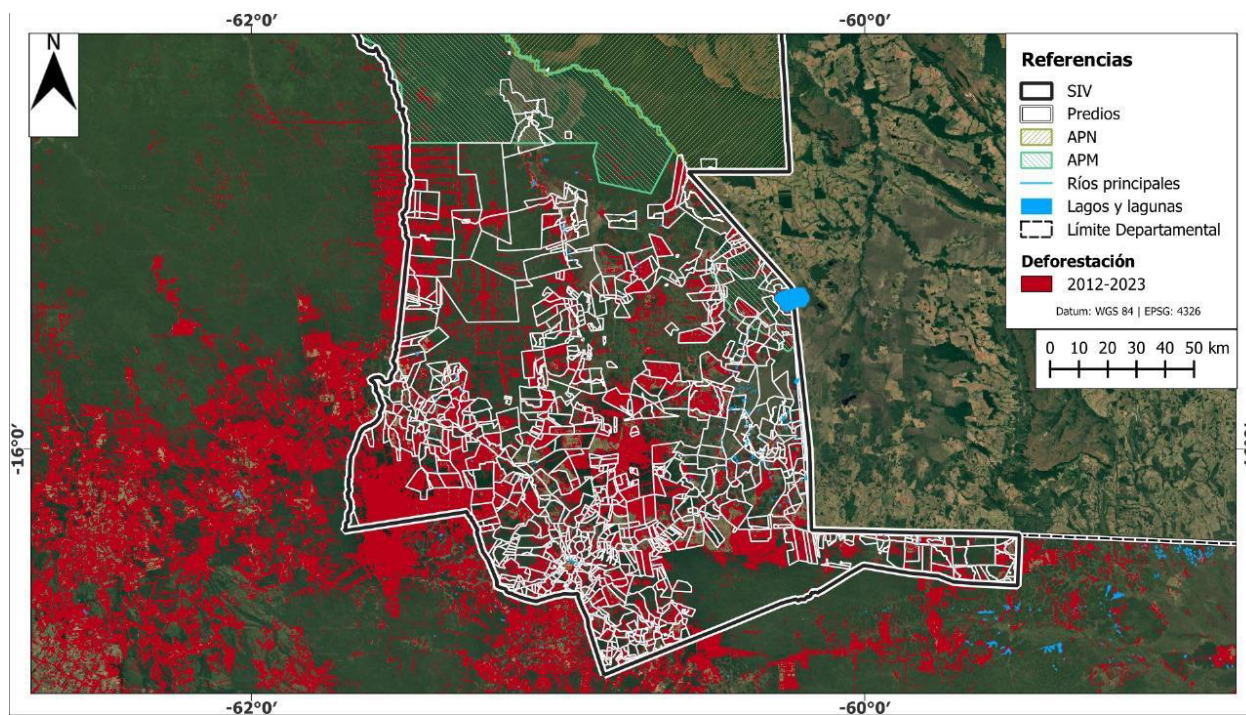


Elaboración Propia de Revista Nómadas en base a datos de MapBiomás Bolivia



Elaboración Propia de Revista Nómadas en base a datos de Mapbiomas Bolivia

La mayor parte de dichas propiedades que concentran la deforestación se sitúan en el sur del municipio como se puede observar en el mapa a continuación.



Elaboración Propia de Revista Nómadas en base a datos de MapBiomas Bolivia

Según datos oficiales proporcionados por la Autoridad de Bosques y Tierra (ABT) a Revista Nómadas —a solicitud expresa de este medio—, entre 2017 y 2023 se autorizaron cerca de 201.290 hectáreas para el desmonte en el municipio de San Ignacio de Velasco. Esto representa

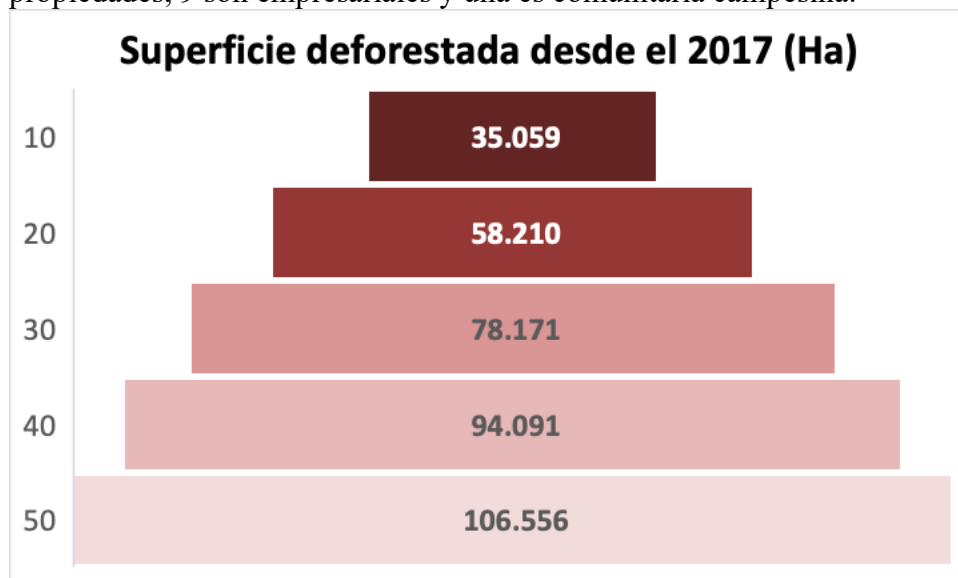
aproximadamente un 62% del total de la deforestación registrada en ese periodo, lo que implica que el 38% restante fue potencialmente⁶ ilegal.

Pero el dato más preocupante no es solo la magnitud del desmonte sin autorización, sino la débil respuesta institucional frente a estas infracciones. Los registros de la propia ABT revelan que apenas el 30,1% de los casos de deforestación ilegal fueron efectivamente sancionados. En otras palabras, más de dos tercios del desmonte ilegal ocurrió con total impunidad.

Este escenario pone en entredicho no solo la capacidad del Estado para hacer cumplir sus propias normativas, sino también el verdadero alcance de la voluntad política para frenar la destrucción del bosque chiquitano.

Pero volvamos a la pregunta inicial ¿Quiénes son los dueños de la tierra donde ocurre?

Desde el 2017, hasta la fecha, si bien existen más de 900 propiedades en San Ignacio de Velasco, 50 de ellas, empresariales y medianas y comunitarias concentran el 32% de la deforestación de todo el municipio, y es más, las 10 propiedades con más deforestación concentran el 10.8% de la deforestación del municipio, y el 1,6% de la deforestación del país. En cuanto a esas 10 propiedades, 9 son empresariales y una es comunitaria campesina.



Elaboración Propia de Revista Nómadas en base a datos de MapBiomas Bolivia

Durante la semana del 7 al 14 de abril se concluirá esta sección del reportaje y se realizarán ajustes menores a la parte ya desarrollada. Esta nueva entrega incluirá:

- La lista en el texto de las 10 propiedades con mayor superficie deforestada en San Ignacio de Velasco (y un anexo con las 50 más relevantes), incluyendo datos sobre los propietarios, la extensión de cada predio y su contribución al total de la deforestación

⁶ En la medida que la superficie autorizada por permiso de desmonte haya sido al 100% ejecutado, sería un máximo de 62% de deforestación legal.

nacional.

- Las respuestas oficiales proporcionadas por la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra (ABT), entidad competente en materia de control y fiscalización del desmonte, así como las respuestas del Defensor del Pueblo, institución que promovió y ganó una Acción Popular contra la ABT por incumplimiento de deberes, y que actualmente impulsa un juicio por el incumplimiento de dicha sentencia.
- Datos actualizados y relevantes sobre los impactos de los incendios en San Ignacio de Velasco durante 2024, proporcionados por la propia ABT.

Nota al final del reportaje: *La estimación de deforestación se basa en la metodología propuesta por Quintanilla et al. (2023) y emplea datos de cobertura de la tierra de la Colección 2.0 de MapBiomas Bolivia (<https://bolivia.mapbiomas.org>). Se considera deforestación la conversión de bosque, tomando como referencia el año 2011, hacia coberturas antrópicas como agricultura (15), pastos (18), mosaicos de uso (21), infraestructura urbana (24), minería (30) y otras áreas antrópicas sin vegetación natural (25). El análisis detecta cambios anuales entre 2012 y 2023, sin considerar regeneración, por lo que se calcula deforestación bruta. La implementación se realizó en Google Earth Engine, aplicando un enfoque píxel a píxel dentro del límite municipal. Adicionalmente, se utilizaron datos del registro de áreas quemadas entre 2001 y 2023 generado por la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN) y disponible en la plataforma GEOFAN; y de capas geográficas como áreas protegidas (APN y APM), cuerpos de agua y límites municipales, obtenidas a través de la plataforma GeoBolivia (<https://geo.gob.bo>).*

Code used for deforestation estimation

Step 1 - Export MapBiomass to asset in GEE

```
// Define the asset path and export folder
var assetPath = 'projects/ee-cquezada/assets/SDG1531MapBiomass/';
var boundary = ee.FeatureCollection('projects/ee-cquezada/assets/SDG1531MapBiomass/Bolivia');
var driveFolder = '01_Indicadores_ambientales';

// Loop through the years
var startYear = 1985;
var endYear = 2023;

for (var year = startYear; year <= endYear; year++) {
  // Build the asset name dynamically
  var imageName = 'LC_MapBiomass_Bolivia_Coll2_' + year;
  var image = ee.Image(assetPath + imageName);

  // Clip the image to the boundary
  var clippedImage = image.clip(boundary);

  // Export the image
  Export.image.toDrive({
    image: clippedImage,
    description: 'LC_MapBiomass_Bolivia_' + year,
    folder: driveFolder,
    fileNamePrefix: 'LC_MapBiomass_Bolivia_' + year,
    region: boundary.geometry(),
    scale: 30,
    maxPixels: 1e13
  });
}
```

Step 2 – Create Deforestation raster based on MapBiomass LC assets – Python – Jupyter Lab

```
import ee
import geemap
import os
import pandas as pd
import unicodedata
from tqdm import tqdm

# Inicializar Google Earth Engine
try:
    ee.Initialize()
except Exception as e:
    ee.Authenticate()
    ee.Initialize()

# Parámetros de reclasificación
```

```
reclass_values = [3, 4, 6, 15, 18, 21, 24, 30, 25, 23, 11, 12, 29, 66, 13, 23, 61, 68, 33, 34, 27]
new_values = [1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
```

```
# Años de interés
```

```
base_year = 2011
```

```
target_years = list(range(2012, 2024))
```

```
# Directorio de salida local
```

```
output_folder = "02_output/Deforestation_Rasters_Base2010"
```

```
os.makedirs(output_folder, exist_ok=True)
```

```
# Cargar geometrías y datos base
```

```
deptos = ee.FeatureCollection('projects/ee-cquezada/assets/SDG1531MapBiomass/municipio_geo')
```

```
# Función para normalizar nombres eliminando caracteres especiales
```

```
def normalize_name(name):
```

```
    return unicodedata.normalize('NFKD', name).encode('ASCII', 'ignore').decode('ASCII').replace(" ", "_")
```

```
# Función para reclasificar una imagen
```

```
def reclassify(image):
```

```
    return image.remap(reclass_values, new_values)
```

```
# Crear un raster donde los valores representan el año de deforestation
```

```
def create_year_deforestation_image(base_year, target_years, geometry):
```

```
    remaining_deforestation = ee.Image(f'projects/ee-cquezada/assets/SDG1531MapBiomass/LC_MapBiomass_Bolivia_Coll2_{base_year}') \
        .select(f'classification_{base_year}')
```

```
    remaining_deforestation = reclassify(remaining_deforestation).eq(1) # Bosque en 1985
```

```
    deforestation_by_year = []
```

```
    for target_year in tqdm(target_years, desc="Generando rasters por año"):
```

```
        # Cargar la imagen del año objetivo
```

```
        target_image = ee.Image(f'projects/ee-cquezada/assets/SDG1531MapBiomass/LC_MapBiomass_Bolivia_Coll2_{target_year}') \
            .select(f'classification_{target_year}')
```

```
        target_image = reclassify(target_image)
```

```
        # Calcular deforestation solo en el bosque remanente
```

```
        deforestation = remaining_deforestation.And(target_image.eq(2))
```

```
        # Asignar el valor del año a los píxeles con deforestation
```

```
        deforestation_year = deforestation.multiply(target_year).selfMask().int16()
```

```
        # Actualizar el bosque remanente
```

```
        remaining_deforestation = remaining_deforestation.And(deforestation.Not())
```

```
        # Agregar la capa del año a la lista
```

```
        deforestation_by_year.append(deforestation_year)
```



```

# Combinar todas las capas en un solo raster
deforestation_image = ee.ImageCollection(deforestation_by_year).mosaic().clip(geometry)
return deforestation_image

# Exportar imagen
def export_year_deforestation_image(deforestation_image, departamento_name, output_folder,
geometry):
    normalized_name = normalize_name(departamento_name) # Normalizar el nombre
    file_name = f"Deforestation_Base2011_{normalized_name}_2012_2023.tif"
    output_path = os.path.join(output_folder, file_name)

    # Asegurarse de que la imagen tiene una proyección fija
    projection = deforestation_image.projection().getInfo()
    crs = projection['crs']

    # Exportar a Google Drive primero
    task = ee.batch.Export.image.toDrive(
        image=deforestation_image,
        description=f'Export_deforestation_{normalized_name}_Yearly',
        folder='EarthEngine',
        fileNamePrefix=f"deforestation_{normalized_name}_1986_2023",
        region=geometry.bounds().getInfo()['coordinates'],
        crs=crs,
        scale=30,
        maxPixels=1e13
    )
    task.start()

    # Descargar desde Google Drive con geemap
    print(f"Tarea de exportación iniciada para {departamento_name}. Espere mientras se descarga.")
    geemap.download_ee_image(
        deforestation_image,
        output_path,
        region=geometry.bounds().getInfo()['coordinates'],
        scale=30,
        crs=crs
    )
    print(f"Raster descargado en: {output_path}")

# Función para procesar un departamento
def process_department(departamento_name):
    print(f"\nProcesando departamento: {departamento_name}")
    geometry = depts.filter(ee.Filter.eq('DEPARTAMEN', departamento_name)).geometry()

    # Crear el raster de deforestation
    deforestation_image = create_year_deforestation_image(base_year, target_years, geometry)

    # Exportar el raster de deforestation
    export_year_deforestation_image(deforestation_image, departamento_name, output_folder, geometry)

# Procesar por departamento

```

```
process_department("Santa Cruz")
#process_department("Chuquisaca")
#process_department("Beni")
#process_department("La Paz")
#process_department("Cochabamba")
#process_department("Oruro")
#process_department("Pando")
#process_department("Tarija")
#process_department("Potosí")
```

The raster from Santa Cruz, where San Ignacio is located, was uploaded to GEE asset.

Step 3 –Deforestation estimation and export– Python /GEE / Jupyter Lab

```
import ee
import geemap
import os
import pandas as pd
import unicodedata
from tqdm import tqdm

# Inicializar Google Earth Engine
try:
    ee.Initialize()
except Exception as e:
    ee.Authenticate()
    ee.Initialize()

## Deforestation Municipality Forest Base 2011
# Cargar geometría única del límite municipal
lm_fc = ee.FeatureCollection('projects/ee-cquezada/assets/Nomadas/Limite_Municipal_SIV')

# Raster de deforestación
deforestation_raster = ee.Image('projects/ee-cquezada/assets/Nomadas/Deforestation_Base2011_Santa_Cruz_2012_2023')

# Convertir a hectáreas
pixel_area = ee.Image.pixelArea().divide(10000)

# Agregar bandas: área + deforestación
deforestation_raster = pixel_area.addBands(deforestation_raster.select(['b1']))

# Calcular deforestación total por año dentro del límite
deforestation_stats = deforestation_raster.reduceRegions(
    collection=lm_fc,
    reducer=ee.Reducer.sum().group(groupField=1, groupName='Year'),
    scale=30
)
```

```

# Parsear
feature = deforestation_stats.getInfo()['features'][0]
groups = feature['properties'].get('groups', [])
data = [{'Year': int(g['Year']), 'Deforestación (ha)': round(g['sum'], 2)} for g in groups if g['Year'] > 0]

# DataFrame
df = pd.DataFrame(data)

# Exportar
output_folder = "02_output/01_ANALYSIS_SIV_FINAL"
os.makedirs(output_folder, exist_ok=True)
output_path = os.path.join(output_folder,
"Deforestacion_LimiteMunicipalRaster_Base2011_2012_2023.xlsx")
df.to_excel(output_path, index=False, engine='openpyxl')

print(f" Archivo exportado a: {output_path}")

# Deforestation INRA 2022-2021-2016 no TCO

# Cargar geometría de polígonos INRA
inra_fc = ee.FeatureCollection('projects/ee-
cquezada/assets/Nomadas/INRA_2022_2021_2016_SIV_noTCO_V2')

# Raster de deforestación
deforestation_raster = ee.Image('projects/ee-
cquezada/assets/Nomadas/Deforestation_Base2011_Santa_Cruz_2012_2023')

# Convertir m2 a hectáreas
pixel_area = ee.Image.pixelArea().divide(10000)

# Agregar bandas en orden correcto: pixel_area primero, b1 después
deforestation_raster = pixel_area.addBands(deforestation_raster.select(['b1']))

# Calcular área de deforestación por polígono
deforestation_stats = deforestation_raster.reduceRegions(
    collection=inra_fc,
    reducer=ee.Reducer.sum().group(groupField=1, groupName='Year'),
    scale=30
)

# Parsear
def parse_results(feature):
    props = feature['properties']
    numero = props.get('NumeroDocu')
    superficie = props.get('SUP_CC')
    apellido_p = props.get('ApellidoP')
    apellido_m = props.get('ApellidoMa')
    calificacion = props.get('Calificaci')
    clasificacion = props.get('Clasif2')

```

```

id_ = props.get('ID')
results = props.get('groups', [])

data = []
for res in results:
    year = int(res['Year'])
    area_ha = round(res['sum'], 2)
    if year > 0:
        data.append({
            'Year': year,
            'Deforestación (ha)': area_ha,
            'ID': id_,
            'NumeroDocu': numero,
            'Superficie': superficie,
            'Apellido Paterno': apellido_p,
            'Apellido Materno': apellido_m,
            'Calificacion': calificacion,
            'Clasificacion': clasificacion
        })
    return data

# Ejecutar y recolectar resultados
print( Extrayendo datos por ID...)
features = deforestation_stats.getInfo()['features']
data_list = [item for f in tqdm(features) for item in parse_results(f)]

# Crear DataFrame
df = pd.DataFrame(data_list)

# Agrupar por ID y Year para evitar doble conteo
df = df.groupby(['ID', 'Year'], as_index=False).agg({
    'Deforestación (ha)': 'sum',
    'NumeroDocu': 'first',
    'Superficie': 'first',
    'Apellido Paterno': 'first',
    'Apellido Materno': 'first',
    'Calificacion': 'first',
    'Clasificacion': 'first'
})

# Guardar como Excel
output_folder = "02_output/01_ANALYSIS_SIV_FINAL"
os.makedirs(output_folder, exist_ok=True)
output_path = os.path.join(output_folder, "Deforestacion_INRA_merged_Base2011_2012_2023.xlsx")
df.to_excel(output_path, index=False, engine='openpyxl')

print(f"Exportado con éxito a: {output_path}")

## Deforestation Protected áreas

```

```

# Cargar geometría de Áreas Protegidas
ap_fc = ee.FeatureCollection('projects/ee-cquezada/assets/Nomadas/Protected_Areas_SIV_noTCO')

# Raster de deforestación
deforestation_raster = ee.Image('projects/ee-cquezada/assets/Nomadas/Deforestation_Base2011_Santa_Cruz_2012_2023')

# Convertir m2 a hectáreas
pixel_area = ee.Image.pixelArea().divide(10000)

# Asegurar orden correcto: pixel_area primero, b1 después
deforestation_raster = pixel_area.addBands(deforestation_raster.select(['b1']))

# Calcular área de deforestación por polígono (por 'Nombre')
deforestation_stats = deforestation_raster.reduceRegions(
    collection=ap_fc,
    reducer=ee.Reducer.sum().group(groupField=1, groupName='Year'),
    scale=30
)

# Parsear
def parse_results(feature):
    props = feature['properties']
    nombre = props.get('NOMBRE')
    categoria = props.get('Jurisdicci')
    results = props.get('groups', [])

    data = []
    for res in results:
        year = int(res['Year'])
        area_ha = round(res['sum'], 2)
        if year > 0:
            data.append({
                'Year': year,
                'Deforestación (ha)': area_ha,
                'Nombre': nombre,
                'Categoria': categoria
            })
    return data

# Ejecutar y recolectar resultados
print("Procesando Áreas Protegidas...")
features = deforestation_stats.getInfo()['features']
data_list = [item for f in tqdm(features) for item in parse_results(f)]

# Crear DataFrame
df = pd.DataFrame(data_list)

# Guardar como Excel
output_folder = "02_output/01_ANALYSIS_SIV_FINAL"
os.makedirs(output_folder, exist_ok=True)

```



```

output_path = os.path.join(output_folder, "Deforestacion_AreasProtegidas_Base2011_2012_2023.xlsx")
df.to_excel(output_path, index=False, engine='openpyxl')

print(f"Archivo exportado a: {output_path}")

## Deforestation TCO

# Cargar geometría de TCOs
tco_fc = ee.FeatureCollection('projects/ee-cquezada/assets/Nomadas/TCO_SIV_from_INRA2022')

# Raster de deforestación
deforestation_raster = ee.Image('projects/ee-cquezada/assets/Nomadas/Deforestation_Base2011_Santa_Cruz_2012_2023')

# Convertir m² a hectáreas
pixel_area = ee.Image.pixelArea().divide(10000)

# Asegurar bandas en orden correcto: pixel_area primero, b1 después
deforestation_raster = pixel_area.addBands(deforestation_raster.select(['b1']))

# Calcular área de deforestación por polígono (por 'ID')
deforestation_stats = deforestation_raster.reduceRegions(
    collection=tco_fc,
    reducer=ee.Reducer.sum().group(groupField=1, groupName='Year'),
    scale=30
)

# Parsear
def parse_results(feature):
    props = feature['properties']
    titulo = props.get('titulo')
    superficie = props.get('sup_ha')
    clasificacion = props.get('clasif')
    id_ = props.get('ID')
    results = props.get('groups', [])

    data = []
    for res in results:
        year = int(res['Year'])
        area_ha = round(res['sum'], 2)
        if year > 0:
            data.append({
                'Year': year,
                'ID': id_,
                'Deforestación (ha)': area_ha,
                'Titulo': titulo,
                'Superficie': superficie,
                'Clasificacion': clasificacion
            })
    return data

```

```

# Ejecutar y recolectar resultados
print(" Procesando TCOs con ID...")
features = deforestation_stats.getInfo()['features']
data_list = [item for f in tqdm(features) for item in parse_results(f)]

# Crear DataFrame
df = pd.DataFrame(data_list)

# Agrupar por ID y Year para evitar doble conteo
df = df.groupby(['ID', 'Year'], as_index=False).agg({
    'Deforestación (ha)': 'sum',
    'Titulo': 'first',
    'Superficie': 'first',
    'Clasificacion': 'first'
})

# Guardar como Excel
output_folder = "02_output/01_ANALYSIS_SIV_FINAL"
os.makedirs(output_folder, exist_ok=True)
output_path = os.path.join(output_folder, "Deforestacion_TCOs_FINALID_Base2011_2012_2023.xlsx")
df.to_excel(output_path, index=False, engine='openpyxl')

print(f"Archivo exportado a: {output_path}")

## Deforestation Tierras fiscales

# Cargar geometría de Tierras Fiscales
tf_fc = ee.FeatureCollection('projects/ee-cquezada/assets/Nomadas/Tierras_fiscales_SIV')

# Raster de deforestación
deforestation_raster = ee.Image('projects/ee-
cquezada/assets/Nomadas/Deforestation_Base2011_Santa_Cruz_2012_2023')

# Área en hectáreas
pixel_area = ee.Image.pixelArea().divide(10000)

# Banda con área + deforestación (b1)
deforestation_raster = pixel_area.addBands(deforestation_raster.select(['b1']))

# Cálculo por polígono (sin atributos adicionales)
deforestation_stats = deforestation_raster.reduceRegions(
    collection=tf_fc,
    reducer=ee.Reducer.sum().group(groupField=1, groupName='Year'),
    scale=30
)

# Parseo
def parse_results(feature):
    results = feature['properties'].get('groups', [])
    data = []

```

```

for res in results:
    year = int(res['Year'])
    area_ha = round(res['sum'], 2)
    if year > 0:
        data.append({'Year': year, 'Deforestación (ha)': area_ha})
return data

# Ejecutar y recolectar resultados
print("Procesando Tierras Fiscales...")
features = deforestation_stats.getInfo()['features']
data_list = [item for f in tqdm(features) for item in parse_results(f)]

# Consolidar por año
df = pd.DataFrame(data_list)
df_grouped = df.groupby('Year', as_index=False).sum()

# Guardar Excel
output_folder = "02_output/01_ANALYSIS_SIV_FINAL"
os.makedirs(output_folder, exist_ok=True)
output_path = os.path.join(output_folder, "Deforestacion_TierrasFiscales_Base2011_2012_2023.xlsx")
df_grouped.to_excel(output_path, index=False, engine='openpyxl')

print(f"Archivo exportado a: {output_path}")

## Deforestacion por tipo de predio INRA

# Polígonos INRA
inra_fc = ee.FeatureCollection('projects/ee-
cquezada/assets/Nomadas/INRA_2022_2021_2016_SIV_noTCO_V2')

# Raster de deforestación
deforestation_raster = ee.Image('projects/ee-
cquezada/assets/Nomadas/Deforestation_Base2011_Santa_Cruz_2012_2023')
pixel_area = ee.Image.pixelArea().divide(10000)
deforestation_raster = pixel_area.addBands(deforestation_raster.select(['b1']))

# Años únicos del raster (de 2012 a 2023)
years = list(range(2012, 2024))

# Clases únicas de Clasif2
unique_clasif = inra_fc.aggregate_array("Clasif2").distinct().getInfo()
print(f"Clases únicas encontradas en Clasif2: {unique_clasif}")

# Calcular por clase
results = []

for clasif in tqdm(unique_clasif, desc="Procesando por Clasif2"):
    clasif_fc = inra_fc.filter(ee.Filter.eq("Clasif2", clasif))

    stats = deforestation_raster.reduceRegions(
        collection=clasif_fc,

```

```

    reducer=ee.Reducer.sum().group(groupField=1, groupName='Year'),
    scale=30
)

features = stats.getInfo()['features']
for f in features:
    groups = f['properties'].get('groups', [])
    for g in groups:
        year = int(g['Year'])
        area_ha = round(g['sum'], 2)
        if year > 0:
            results.append({
                'Year': year,
                'Clasif2': clasif,
                'Deforestación (ha)': area_ha
            })

# Crear DataFrame
df = pd.DataFrame(results)

# Agrupar por clase y año
df_grouped = df.groupby(['Clasif2', 'Year'], as_index=False).sum()

# Guardar como Excel
output_folder = "02_output/01_ANALYSIS_SIV_FINAL"
os.makedirs(output_folder, exist_ok=True)
output_path = os.path.join(output_folder, "Deforestacion_INRA_por_tipo_predio_2012_2023.xlsx")
df_grouped.to_excel(output_path, index=False, engine='openpyxl')

print(f"Archivo exportado a: {output_path}")

```