

Dinámica de la cobertura vegetal (1986-2018) en el PN-ANMI Serranía del Iñao

Dynamics of vegetable cover (1986-2018) in the PN-ANMI Serranía del Iñao

Fernando Antelo Estrada ¹ ✉

Recibido: 17 Diciembre 2024 / Revisado: 28 Mayo 2025 / Aceptado: 30 Julio 2025 / Publicado: 9 Octubre 2025

Resumen

El Área Protegida Serranía del Iñao, se destaca por resguardar formaciones vegetales características de la ecorregión Bosque Tucumano Boliviano. Se analizó la dinámica de la cobertura vegetal y fragmentación del paisaje en el área protegida entre los periodos 1986-2018, aplicando la teledetección satelital. En la categoría PN la superficie deforestada disminuyó de 1.490,96 ha en el 1986-2001 a 1.170,31 ha en el 2001-2018, con una distancia media entre fragmentos de 78 m en 1986 y 75 m en 2018, no obstante, existió una reducción en el tamaño medio entre fragmentos de 87.005 ha en 1986 a 85.752 ha en 2018. En la categoría ANMI la deforestación aumentó de 7.521,58 ha en el 1986-2001 a 8928,87 ha en el 2001-2018, registrando una distancia media entre fragmentos de 78 m en 1986 y 79 m en 2018, y con una disminución en los tamaños de los fragmentos de 168.404 ha en 1986 a 160.641 ha en 2018. Finalmente, en la categoría amortiguación, la pérdida de la vegetación disminuyó de 5.240,24 ha en el 1986-2001 a 5.113,59 ha en el 2001-2018, con una distancia media entre fragmentos de 85 m en 1986 y 86 m en 2018, y un decrecimiento en el tamaño entre fragmentos de 86.759 ha en 1986 a 85.960 ha en 2018. En el área protegida existió una dinámica significativa en la cobertura vegetal provocada por los factores antrópicos y fenómenos naturales, sin embargo, se encuentra en un estado estable y conservado.

Palabras claves: Dinámica de la cobertura, Fragmentación del paisaje, Teledetección satelital, Vegetación.

Abstract

The Serranía del Iñao Protected Area is notable for protecting vegetation formations characteristic of the

✉ Fernando Antelo Estrada / festradaantelo@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-8793-455X>

1 Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Casilla postal 1046, Calle Calvo N° 132, Sucre- Bolivia.

Bolivian Tucuman Forest ecoregion. The dynamics of vegetation cover and landscape fragmentation in the protected area between 1986 and 2018 were analyzed using satellite remote sensing. In the PN category, the deforested area decreased from

1,490.96 ha (1986-2001) to 1,170.31 ha (2001-2018), with the average distance between fragments of 78 m in 1986 and 75 m in 2018; however, there was a reduction in the average size between fragments from 87,005 ha in 1986 to 85,752 ha in 2018. In the ANMI category, deforestation increased from 7,521.58 ha in (1986-2001) to 8,928.87 ha in (2001-2018), recording an average distance between fragments of 78 m in 1986 and 79 m in 2018, and with a decrease in the sizes of the fragments from 168,404 ha in 1986 to 160,641 ha in 2018. Finally, in the buffer category, vegetation loss decreased from 5,240.24 ha in (1986-2001) to 5,113.59 ha in (2001-2018), with an average distance between fragments of 85 m in 1986 and 86 m in 2018, and a decrease in the size between fragments from 86,759 ha in 1986 to 85,960 ha in 2018. In the protected area there was a significant dynamic in vegetation cover caused by anthropogenic factors and natural phenomena, it remains in a relatively stable and conserved state.

Keywords: Dynamics of coverage, Landscape fragmentation, Satellite remote sensing, Vegetation.

Introducción

Los bosques montanos de Bolivia son caracterizados por su importancia ecológica y botánica, pero se encuentran amenazados por las actividades antrópicas y fenómenos naturales (Serrano Pacheco et al. 2018). Los cambios de la vegetación causan la deforestación; esta transformación de la cobertura del bosque provoca la fragmentación del paisaje, generando una serie de parches remanentes de vegetación y alterando a los hábitats naturales, teniendo como consecuencia la pérdida de la biodiversidad (Almirón A. et al. 2024).

La teledetección ambiental es una herramienta

relevante en el área forestal; nos permite analizar los cambios de la cobertura vegetal de un periodo determinado, donde nos muestra la dinámica en los ecosistemas, en este caso la pérdida o ganancia de la cobertura vegetal, contribuyendo al monitoreo y la toma de decisiones sobre actividades ambientales ejecutadas a corto, mediano y largo plazo (Müller et al. 2024).

El presente estudio de investigación tiene el propósito de analizar la dinámica de la cobertura vegetal entre el periodo (1986–2018) en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Ñao, y con la información generada pretende contribuir a una línea base para el monitoreo a nivel de cobertura y las mismas pueden ser utilizadas en iniciativas de conservación a distintos niveles del Sistema de Áreas Protegidas.

Materiales y métodos

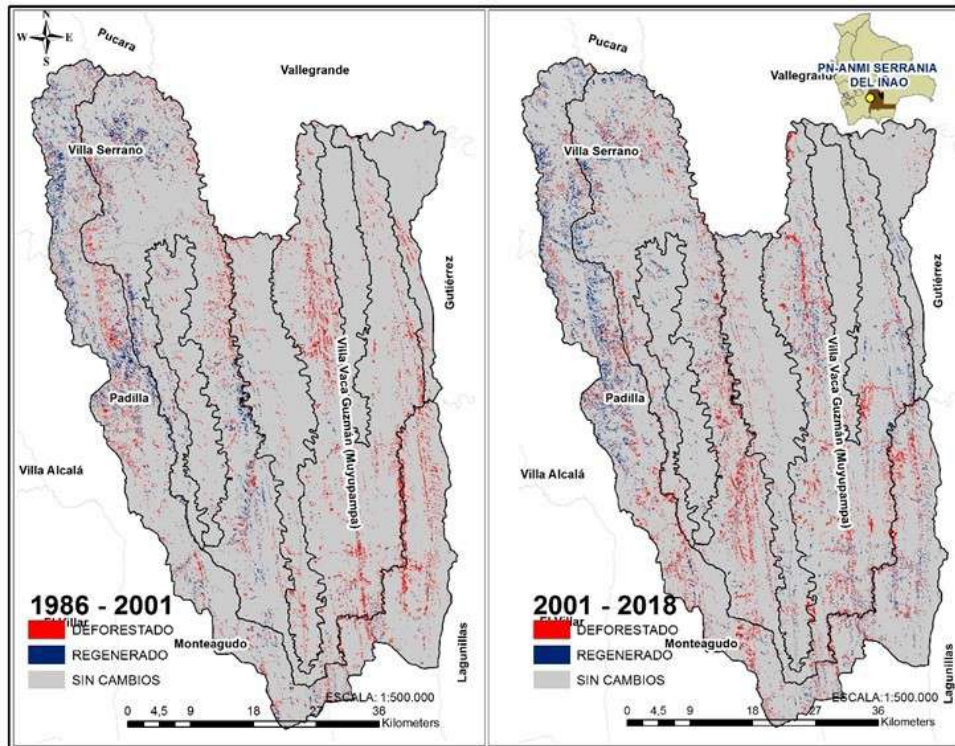
Área de estudio

El PN-ANMI Serranía del Ñao está ubicado al noreste del departamento de Chuquisaca; los municipios que comparten son Villa Vaca Guzmán, Monteagudo, Padilla y Villa Serrano.

El Área Protegida se encuentra ubicada entre las coordenadas 18°56'00,82" a 19°48'58,79" latitud Sur y entre 63°42'00,03" a 64°16'30,71" longitud Oeste, y se encuentra en una gradiente altitudinal que varía entre los 520 m s. n. m. y 3030 m s. n. m., como se representa en la figura 1.

El área protegida tiene una superficie de 2.630,9 km² (263.090 ha) y, sumada la categoría de amortiguación, presenta un total de 3.409,66 km² (340.966 ha). El área protegida corresponde a tres zonas biogeográficas que son las siguientes: la Provincia biogeográfica Boliviano-Tucumano, Provincia biogeográfica del Chaco Boreal y Provincia biogeográfica del Chaco Serrano (SERNAP, 2011).

Figura 1. Mapa de Ubicación del Área Protegida



Procesamiento inicial de las imágenes satelitales

En el análisis de la dinámica de la cobertura vegetal en el PN-ANMI Serranía del Iñao se utilizaron los mosaicos de LANDSAT TM y OLI/TIRS con PANTH/ROW 231_073, 231_074 de los años 1986, 2001 y 2018, considerando la época seca (de junio hasta agosto), donde presenta una escasa nubosidad en los mosaicos; esto sirve para una buena interpretación de las coberturas. Sin embargo, se evaluó por categorías: Parque Nacional (PN), Área Natural de Manejo Integrado (ANMI) y de Amortiguación.

Para la validación de campo se visitó el área de estudio, donde se identificó y se georreferenció los tipos de cobertura vegetal. Posteriormente, se trabajó en el gabinete para realizar el procesamiento de las imágenes satelitales aplicando la clasificación no supervisada del programa ERDAS IMAGE® 2014 (Julio Cesar Magne Salazar, 2025).

Las clases determinadas fueron: con cobertura (bosque húmedo, bosque seco, bosque de ribera, vegetación herbácea o arbustiva) y sin cobertura (cuerpo de agua, actividad antrópica, suelos sin cobertura).

Tasa de deforestación y fragmentación del paisaje

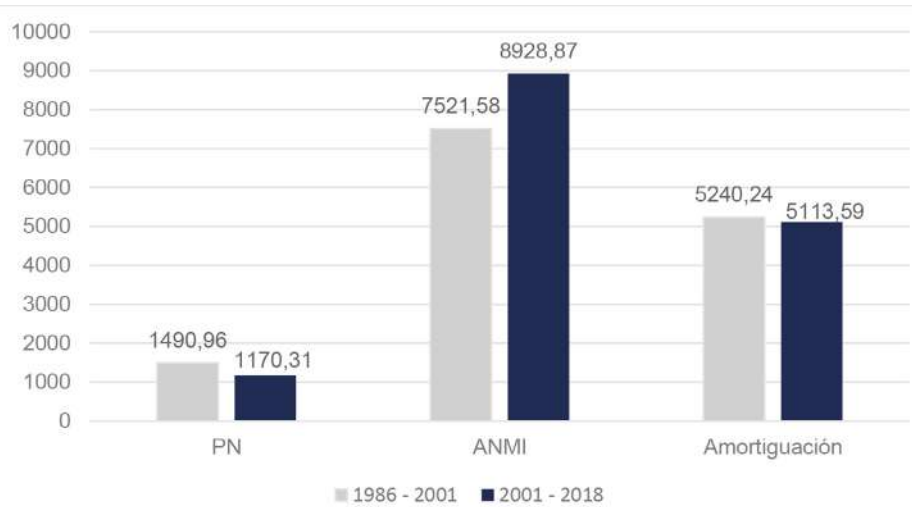
En el presente análisis se determinó la tasa de deforestación aplicando la fórmula ajustada por Puyravaud (2003); posteriormente, se calculó la fragmentación del paisaje. En base a estudios realizados por Pinto (2014), se determinaron las métricas de paisaje a nivel de clase, y son las siguientes: el porcentaje de cobertura (%LAND), número de fragmentos (NP), tamaño medio de los fragmentos (MPS), distancia media del vecino más cercano (MNN) y el índice de proximidad media (MPI). Para el cálculo de las métricas se utilizó el programa Fragstats 3.3 (Olga Lucia, 2018).

Resultados

En el análisis multitemporal de 32 años se demostró que existió una dinámica de la vegetación en el área protegida. Durante el periodo (1986-2018) en la categoría de ANMI se incrementó la

superficie deforestada, que pasó de 7.521,58 ha en el (1986-2001) a 8.928,87 ha en el (2001-2018). Sin embargo, en las categorías parque nacional (PN) y amortiguación se registró una disminución poco significativa de la superficie deforestada, como se presenta en la Figura 2.

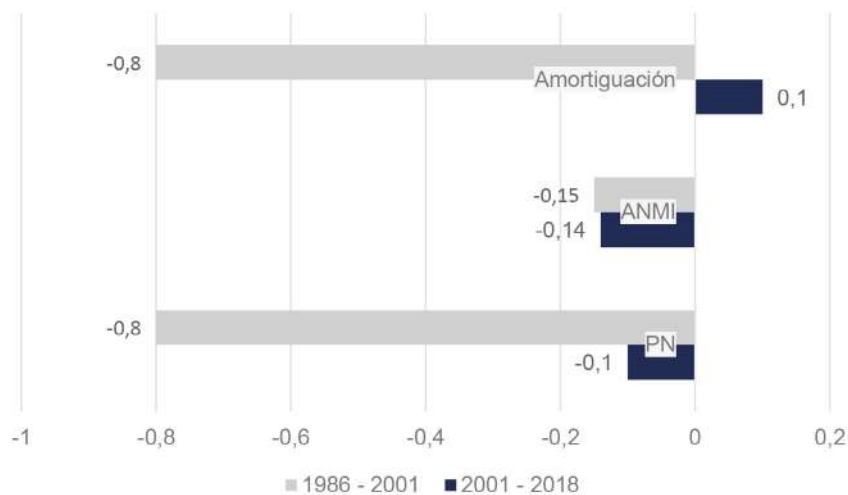
Figura 2. Superficie Deforestada en el Área Protegida Serranía del Iñao



En las tres categorías (PN, ANMI, amortiguación) se registraron altas tasas de deforestación entre el periodo 1986-2001, y se redujeron

significativamente las tasas de deforestación entre el periodo 2001-2018, como se observa en la Figura 3.

Figura 3. Tasa de Deforestación Anual en el Área Protegida Serranía del Iñao



Fragmentación del paisaje en el Área Protegida Serranía del Iñao

El análisis del patrón de la fragmentación de 32 años en el área protegida ha generado cambios en el tamaño, número, conectividad y distribución espacial de los fragmentos, en las clases con cobertura y sin cobertura.

En el parque nacional (PN), la clase con cobertura disminuyó el porcentaje de paisaje (%PLAND) de 98,67% en el año 1986 a 97,26% en el año 2018; no obstante, la clase sin cobertura se incrementó de 1,33% en el año 1986 a 2,74% en el año 2018. En la clase con cobertura, se aumentaron

los números de parches (NP) de 23 parches en el 1986 a 44 parches en el 2018, como también para la clase sin cobertura, se aumentaron de 1.004 parches en el 1986 a 1656 parches en el 2018. Sin embargo, en la clase con cobertura, se redujo el tamaño medio de los fragmentos (MPS) de 87005 ha en el 1986 a 85.752 ha en el 2018, y para la clase sin cobertura, se agrandó el tamaño medio de los fragmentos de 1.177 ha en el 1986 a 2.429 ha en el 2018. Entre los años 1986 y 2018, las clases con cobertura y sin cobertura redujeron la distancia media entre fragmentos (MNN); sin embargo, aumentaron significativamente en el índice de proximidad media (MPI) (Tabla 1).

Tabla 1. Métricas del paisaje a nivel de clases (cobertura y sin cobertura) en los años de estudio 198-2018 en la categoría PN-Serranía del Iñao

1986	PLAND	NP (#)	MPS (ha)	MNN (m)	MPI
COB	98,67	23	87.005	78	34.852
SCOB	1,33	1.004	1.177	273	3
2001					
COB	97,49	36	85.942	73	45.544
SCOB	2,51	1.369	2.240	218	5
2018					
COB	97,26	44	85.752	75	49.792
SCOB	2,74	1.656	2.429	195	4

Nota.- %LAND = Porcentaje de cobertura, NP = Número de fragmentos, MPS = Tamaño medio de los fragmentos, MNN = Distancia media del vecino más cercano, MPI = Índice de proximidad media.

En la categoría ANMI, la clase con cobertura redujo el porcentaje de paisaje (PLAND) de 95,38% en el año 1986 a 90,99% en el año 2018, lo contrario se registró en la clase sin cobertura, se aumentó el porcentaje de 4,62% en el 1986 a 9,01% en el 2018. En la clase con cobertura, se aumentaron los números de parches (NP) de 191 parches en el año 1986 a 449 parches en el año 2018, mientras que en la clase sin cobertura se incrementó significativamente de 4.236 parches

en el año 1986 a 7.017 parches en el año 2018. El tamaño medio de los fragmentos (MPS) en la clase con cobertura se redujo de 168.404 ha en el 1986 a 160.641 ha en el 2018, diferente patrón se registró en la clase sin cobertura, que pasó de 8.186 ha en el año 1986 a 15.950 ha en el 2018. La distancia media entre fragmentos (MNN) en la clase con cobertura, se extendió de 78 m y 79 m en el año 1986, y lo opuesto se observó en la clase sin cobertura, pasó de 167 m en el año 1986 a 132 m para el año 2018.

Sin embargo, entre el periodo 1986 y 2018, en la clase con cobertura, el índice de proximidad media (MPI) se disminuyó, y en la clase sin cobertura aumentó (Tabla 2).

Tabla 2. Métricas del paisaje a nivel de clases (cobertura y sin cobertura) en los años de estudio 198-2018 en la categoría PN-Serranía del Iñao

1986	PLAND	NP (#)	MPS (ha)	MNN (m)	MPI
COB	95,38	191	168.404	78	294.536
SCOB	4,62	4.236	8.186	167	12
2001					
COB	93,25	249	164.615	83	266.414
SCOB	6,75	5.886	11.975	147	12
2018					
COB	90,99	449	160.641	79	271.446
SCOB	9,01	7.017	15.950	132	21

Nota.- %LAND = Porcentaje de cobertura, NP = Número de fragmentos, MPS = Tamaño medio de los fragmentos, MNN = Distancia media del vecino más cercano, MPI = Índice de proximidad media.

En la categoría amortiguación, en la clase con cobertura se disminuyó el porcentaje de paisaje (PLAND) de 86,72% en el 1986 a 85,95% en el 2018.

El resultado opuesto se registró en la clase sin cobertura, pasó de 13,28% en el 1986 a 14,05% en el año 2018. En la clase con cobertura, se aumentaron los números de parches (NP) de 540 parches en el 1986 a 639 parches en el 2018, y como también se registró en la clase sin cobertura, los números de parches pasaron de 3.508 parches en el 1986 a 4.429 parches en el 2018. El tamaño medio de los fragmentos (MPS) en la clase con cobertura decreció de 86.759 ha en el 1986 a 85.960 ha en el 2018 y, sin embargo, en la clase sin cobertura se aumentó de 13.281 ha en el año 1986 a 14.080 ha en el año 2018. En la clase con cobertura, se aumentó la distancia media entre fragmentos (MNN); pasaron de 85 m en el año 1986 a 86 m; y al contrario, se registraron en la clase sin cobertura, pasaron de

127 m en el 1986 a 121 en el 2018. Entre el periodo de estudio (1986-2018), las clases con cobertura y sin cobertura redujeron el índice de proximidad media (MPI) (Tabla 3).

Tabla 3. Métricas del paisaje a nivel de clase (cobertura y sin cobertura) en los años de estudio (1986-2018) en la categoría amortiguación-Serranía del Iñao

1986	PLAND	NP (#)	MPS (ha)	MNN (m)	MPI
COB	86,72	540	86.759	85	115.243
SCOB	13,28	3.508	13.281	127	100
2001					
COB	85,76	549	85.785	85	110.822
SCOB	14,24	3.931	14.255	126	86
2018					
COB	85,95	639	85.960	86	61.803
SCOB	14,05	4.429	14.080	121	75

Nota.- %LAND = Porcentaje de cobertura, NP = Número de fragmentos, MPS = Tamaño medio de los fragmentos, MNN = Distancia media del vecino más cercano, MPI = Índice de proximidad media.

Discusión

Según Lozano y Negrete (2015), mostró una disminución de 4.000 ha de la cobertura vegetal y el incremento del número de fragmentos de los bosques en el área protegida Serranía del Iñao entre el periodo (2000–2011). Se obtuvieron resultados similares en este estudio, donde se mostró una pérdida de vegetación de 8.928,87 ha y se incrementó el número de parches de la cobertura vegetal durante el periodo (2001–2018).

Peñaranda (2010) demostró en su investigación realizada en el área protegida Serranía del Iñao, una presión significativa en los bosques generada por las acciones antrópicas y naturales. Este resultado coincide con este estudio, donde mostró un cambio de la cobertura vegetal ocasionada por las actividades agrícolas y ganaderas, teniendo como consecuencia la transformación de la

configuración original del bosque.

La teledetección forestal aplicada en la dinámica de la cobertura vegetal en un periodo determinado, se mostró ser una herramienta necesaria y eficiente para analizar, describir el cambio de la cobertura, generando una información base para el manejo y monitoreo de los recursos forestales. Otras investigaciones similares de Lozano y Mamani (2024) afirman la eficiencia de las metodologías utilizadas para analizar cambios multitemporales de la cobertura vegetal.

Conclusión

De acuerdo a los resultados obtenidos, se evidenció un cambio significativo en la cobertura vegetal en el transcurso de 32 años y, sin embargo, se encuentra en un estado estable y conservado. La dinámica de la cobertura vegetal fue causada por factores demográficos y económicos incentivados por las políticas (expansión agrícola), que conducen a la reducción de la biodiversidad en un tiempo condicionado.

La aplicación de la teledetección ambiental aplicada en estudios entre periodos mostró ser una herramienta eficaz para la evaluación de los cambios en la cobertura vegetal en el área protegida.

Agradecimientos

En principio, agradecer a la Ingeniera Martha Serrano Pacheco y al Ingeniero Reinaldo Lozano Ajata por incentivar me en la elaboración del presente estudio, y al Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria (I.A.S.A.) de Chuquisaca-Bolivia, por el apoyo en el desarrollo de la investigación.

Bibliografía

Almirón A., N. E., & Solis Neffa, V. G. (2024). Análisis de la diversidad genética en poblaciones fragmentadas y continuas de *Aspidosperma quebracho-blanco* (Apocynaceae) del Chaco

Semiárido. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica.

Julio Cesar Magne Salazar. (20 de enero de 2025). CAP 10D - Clasificación No Supervisada de Imágenes Satelitales LandSat - SIG - FCA - UAGRM [Video]. YouTube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=qSdFsA_Uijg

Lozano Ajata, R., & Mamani Machaca, E. (2024). Tres décadas y medio de cambio de cobertura y uso de suelo en un área protegida del sur de Bolivia. *AGRO-ECOLÓGICA*.

Lozano Ajata, R., & Negrete, C. (2015). Uso del suelo, cobertura y fragmentación de bosques montanos tropicales del Parque Nacional y Área Natural de manejo Integrado Serranía del Iñao. *AGRO-ECOLÓGICA*.

Müller, R., Montero, J. C., & Mariaca, G. (2024). Causas, actores y dinámicas de la deforestación en Bolivia. La Paz: CEDLA.

Olga Lucia. (18 de octubre de 2018). Análisis de integridad con herramienta SIG (Fragstats) parte 1 [Video]. YouTube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=cgqitSTAkTU>

Peñaranda Vedia, J. A. (2010). Análisis multitemporal del cambio de cobertura forestal en una cronosecuencia de 20 años (1988 – 2008) mediante uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica (SIG) en el PN - ANMI Serranía del Iñao, Chuquisaca. Tesis de Licenciatura, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Repositorio institucional.

Pinto-Ledezma, J. N., & Rivero, M. L. (2014). Temporal patterns of deforestation and fragmentation in lowland Bolivia: implications for climate change. *Climatic Change*.

Puyravaud, J. P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest ecology and management*.

SERNAP. (2011). Plan de Manejo del PN y ANMI Serranía del Iñao, 2012 – 2021. La Paz: Plan Estratégico Institucional.

Serrano Pacheco, M., Villalobos, J., Peñaranda, J., & Lozano Ajata, R. (2018). Contribución al estudio florístico y descripción de la vegetación de

la Serranía de los Milagros. AGRO-ECOLÓGICA.