

EVALUACION TEMPORAL DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA TIERRA EN LA CUENCA DEL RÍO PAO, COJEDES, VENEZUELA

TEMPORAL EVALUATION OF LAND PRODUCTIVITY IN THE PAO RIVER BASIN, COJEDES, VENEZUELA

Argel García¹, Luis Rumbo ¹

¹UNELLEZ

Para correspondencia: argeljgb@gmail.com

Recibido: 17/10/2025 **Admitido:** 10/11/2025

RESUMEN

El estudio analiza la evolución de la productividad de la tierra en la cuenca del río Pao (CRP) entre 2016 y 2024, utilizando cinco clases de productividad: Declinando, Tierras con signos tempranos de declive, Estable pero estresado, Estable y Mejorando. Los datos revelan dinámicas complejas: las áreas en estado “Declinando” alcanzaron su máximo en 2020 (60,7 mil ha), pero disminuyeron drásticamente hasta 2023, con leve repunte en 2024. Las tierras con signos tempranos de declive mostraron alta volatilidad, reflejando vulnerabilidad a la degradación o intervención. Las zonas “Estable pero estresado” evidencian una reducción progresiva, posiblemente por agotamiento de resiliencia edáfica. En contraste, las tierras “Estable” crecieron sostenidamente, consolidándose como núcleo productivo resiliente, mientras que las áreas “Mejorando” muestran una expansión moderada, asociada a mejoras tecnológicas o incorporación de nuevas superficies. Las transiciones temporales sugieren tres fases: recuperación inicial (2016–2018), presión sobre tierras marginales (2019–2021), y consolidación de prácticas sostenibles (2022–2024). Las implicaciones para la gestión territorial son claras: priorizar restauración ecológica en zonas degradadas, aplicar medidas preventivas en áreas vulnerables, mejorar el manejo en tierras estresadas, y proteger los núcleos resilientes. Se recomienda interpretar los resultados con cautela y complementarlos con inspecciones de campo para validar tendencias y orientar intervenciones efectivas.

Palabras clave: Productividad de la tierra, gestión territorial, cuenca del río Pao.

ABSTRACT

The study analyzes the evolution of land productivity in the Pao River basin (CRP) between 2016 and 2024, using five classes of productivity: Declining, Lands with early signs of decline, Stable but stressed, Stable, and Improving. The data reveal complex dynamics: areas in the “Declining” category reached their peak in 2020 (60.7 thousand ha), but decreased drastically until 2023, with a slight rebound in 2024. Lands with early signs of decline showed high volatility, reflecting vulnerability to degradation or intervention. The “Stable but stressed” zones show a gradual reduction, possibly due to the depletion of soil resilience. In contrast, “Stable” lands grew steadily, consolidating as a resilient productive core, while the “Improving” areas show moderate expansion, associated with technological improvements or the incorporation of new land. Temporal transitions suggest three phases: initial recovery (2016–2018), pressure on marginal lands (2019–2021), and consolidation of sustainable practices (2022–2024). The implications for land management are clear: prioritize ecological restoration in degraded areas, implement preventive measures in vulnerable areas, improve management of stressed lands, and protect resilient cores. It is recommended to interpret the results with caution and complement them with field inspections to validate trends and guide effective interventions.

Keywords: Land productivity, territorial management, Pao River basin.

Introducción

A partir de la implementación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y la declaración del Decenio Internacional sobre los Desiertos y la Desertificación (2010–2020), la comunidad global acordó en septiembre de 2015 la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible como marco rector. Este instrumento estratégico contempla 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas concretas (ONU, 2018). En lo que respecta al ODS 15, se insta a los Estados a adoptar medidas orientadas a la conservación, rehabilitación y uso racional de los ecosistemas terrestres, promover prácticas forestales sostenibles, enfrentar los procesos de desertificación, detener y revertir la degradación de los suelos, y preservar la biodiversidad.

La meta 15.3 del marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible busca eliminar progresivamente los procesos de desertificación y restaurar áreas terrestres degradadas, incluyendo aquellas impactadas por eventos climáticos extremos como sequías e inundaciones, así como por la propia desertificación. El objetivo es lograr, para el año 2030, una neutralidad en la degradación del suelo a nivel global. Para medir los avances hacia esta meta, se ha definido como indicador clave la proporción de superficie terrestre que presenta signos de degradación. Este indicador se construye a partir de la integración de tres variables fundamentales: el estado de la

cobertura vegetal, la eficiencia productiva del suelo y el contenido de carbono orgánico en los estratos superficiales y subterráneos (UICN, 2022).

En el ámbito venezolano, resulta prioritario impulsar investigaciones científicas orientadas al análisis y mitigación de la degradación edáfica, tanto en cuencas hidrográficas de importancia estratégica a nivel nacional, regional y local, como en áreas bajo regímenes de protección especial (ABRAES). Esta generación de conocimiento especializado tiene como propósito contribuir al cumplimiento de los compromisos asumidos en el marco de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), destacando el ODS 15 y, en particular, su meta 15.3, que promueve la recuperación de tierras afectadas y el combate integral contra los procesos de desertificación.

La cuenca del río Pao (CRP), situada entre los estados Cojedes y Carabobo, representa un sistema ecológico clave para garantizar el abastecimiento hídrico, sostener la actividad agropecuaria y fortalecer la resiliencia ambiental en la región centro-occidental de Venezuela. No obstante, en las últimas décadas, este espacio ha enfrentado una intensificación de las presiones humanas, evidenciada en procesos de degradación edáfica, disminución de la cobertura vegetal, alteraciones en la dinámica hidrológica y creciente fragmentación de los ecosistemas. Esta problemática se ve exacerbada

por la débil articulación entre las políticas públicas, las capacidades técnicas locales y los sistemas de monitoreo ambiental, lo que limita la formulación e implementación de estrategias de manejo sostenible ajustadas a las condiciones específicas del territorio (Paredes, 2009).

En este marco, el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 15 (ODS 15), orientado a la protección y manejo sostenible de los ecosistemas terrestres, constituye una referencia normativa y operativa para guiar intervenciones de restauración ecológica, conservación ambiental y aprovechamiento responsable de los recursos naturales. En particular, los indicadores 15.3.1 (que mide la proporción de tierras degradadas respecto al total de superficie terrestre) y 15.4.2 (que evalúa la cobertura vegetal en zonas montañosas y la extensión de su degradación) permiten diagnosticar el estado funcional de los ecosistemas y establecer metas cuantificables para su recuperación y seguimiento (UNCCD, 2022; ONU, 2015).

En función de los elementos previamente analizados, se definió a la cuenca del río Pao (CRP) como área de referencia para el estudio. A partir de esta selección, se planteó la necesidad de analizar la variación temporal en los patrones de productividad terrestre dentro de la CRP, ubicada en el estado Cojedes, Venezuela, con el objetivo de contribuir al seguimiento técnico de los indicadores asociados al Objetivo de Desarrollo Sostenible 15 (ODS 15).

Marco Metodológico

Unidad de estudio

El área de estudio seleccionada corresponde a la cuenca del río Pao (CRP), un afluente de la cuenca del Orinoco que atraviesa los estados Carabobo, Cojedes y Guárico. En el estado Cojedes, el río recorre zonas de ecotono entre el piedemonte andino y los Llanos occidentales, con especial incidencia en los municipios Ricaurte y Lima Blanco. Su tramo medio y superior se encuentra estrechamente relacionado con el embalse El Pao, infraestructura clave para el suministro de agua y la regulación de procesos hidrológicos y ecológicos en la región. Desde el punto de vista hidrográfico, el río presenta una longitud aproximada de 268 km, con una altitud de nacimiento de 370 metros sobre el nivel del mar en el embalse Cachinche (Carabobo), y una altitud de desembocadura de 62 metros al confluir con el río Portuguesa. En el sector cojedeño destacan como subcuencas de interés las quebradas El Tigre, La Galera, Paso La Canoa, junto con otros tributarios menores que alimentan el embalse El Pao (Paredes, 2009).

En la cuenca se observan predominantemente actividades agropecuarias de carácter extensivo, acompañadas por ecosistemas como sabanas, bosques caducifolios y fragmentos de vegetación ribereña. Entre las zonas de alto valor ecológico destacan Galeras del Pao, Fila Colmenares y el Cerro Paraima.

Asimismo, se identifican áreas clave para la recarga de acuíferos y corredores ecológicos que enlazan con la región montañosa de Nirgua y los Llanos de Portuguesa. Las principales presiones ambientales incluyen la deforestación asociada a la expansión agrícola y ganadera, el incremento de sedimentos en el embalse El Pao, y la contaminación difusa generada por el uso de agroquímicos y el vertido de aguas residuales sin tratamiento. En cuanto a la vulnerabilidad climática, se evidencian fluctuaciones en los caudales, ocurrencia de eventos extremos y pérdida progresiva de la cobertura vegetal (Paredes, citado).

Datos utilizados por Earth Map para análisis de Productividad de la tierra

- ✓ Índices de vegetación
 - NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada)
 - EVI (Índice de Vegetación Mejorado)
 - Permiten evaluar la cobertura vegetal y su evolución temporal.
- ✓ Uso y cobertura del suelo
 - Clasificaciones de uso del suelo (agricultura, bosques, pastizales, etc.)
 - Cambios en la cobertura terrestre a lo largo del tiempo.
- ✓ Evapotranspiración
 - Indicador clave para estimar la eficiencia del uso del agua en cultivos.
 - Relacionado con la salud de la vegetación y el estrés hídrico.

- ✓ Precipitación y temperatura
 - Series temporales para evaluar condiciones climáticas que afectan la productividad.
 - Incluye datos mensuales, estacionales y anuales.
- ✓ Altitud y pendiente
 - Datos topográficos que influyen en el tipo de cultivo y manejo del suelo.
- ✓ Datos de suelos
 - Textura, capacidad de retención de agua, fertilidad potencial.
 - Cruciales para determinar la aptitud agrícola.
- ✓ Incendios y perturbaciones
 - Registros de focos de calor y áreas quemadas.
 - Impactan directamente en la productividad y recuperación de ecosistemas.
- ✓ Imágenes satelitales multitemporales
 - Permiten observar cambios en la vegetación, humedad del suelo y cobertura.

Earth Map facilita la visualización de estos datos en forma de mapas interactivos, gráficos temporales y comparaciones entre áreas. Además, permite exportar resultados para análisis más detallados en plataformas como R o QGIS.

Resultados y discusión

La tabla 1 muestra como ha sido la evolución temporal de la Productividad de la tierra en la CRP.

Tabla 1. Evolución temporal de la Productividad de la tierra en la CRP

Clases	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Declinando	32.117,89	39.966,58	19.977,53	38.734,19	60.752,75	16.701,24	11.284,31	8.449,89	13.786,82
Tierras con signos tempranos de declive	28.8240,38	12.4145,5	43.523,75	68.761,62	176.507,78	116.300,61	95.389,21	25.945,22	70.896,02
Estable pero estresado	76.813,73	69.206,91	35.377,5	39.537,39	80.113,52	64.656,16	54.684,09	14.682,39	48.622,82
Estable	167.601,4	339.992,9	440.536,22	398.745,85	242.097,26	316.037,71	332.079,5	453.773,66	385.854,69
Mejorando	28.304,39	19.765,9	53.662,79	47.298,74	33.606,48	79.382,06	99.640,68	90.226,63	73.917,43

García y Rumbo (2025)

Un análisis de la tabla 1, se muestra condensado en la tabla 2 que señala un examen por clases de productividad en la CRP:

Tabla 2. Análisis por clases de productividad en la CRP

Clase	Tendencia general	Observaciones clave
Declinando	▼ Disminución sostenida	Pico en 2020 (60.7 mil ha), luego caída drástica hasta 2023 (8.4 mil ha), leve repunte en 2024. Posible abandono, reconversión o recuperación parcial.
Tierras con signos tempranos de declive	⚡ Volatilidad extrema	Caída abrupta entre 2016 y 2018, repunte en 2020, nueva caída en 2023. Refleja zonas en transición, vulnerables a degradación o intervención.
Estable pero estresado	📉 Reducción progresiva	Disminución constante desde 2016 (76.8 mil ha) hasta 2023 (14.6 mil ha), con leve recuperación en 2024. Podría indicar agotamiento de resiliencia edáfica.
Estable	✅ Aumento neto	Crecimiento sostenido hasta 2023 (453 mil ha), aunque con oscilaciones. Representa el núcleo productivo más resiliente.
Mejorando	📊 Expansión moderada	Fluctuaciones con tendencia positiva, especialmente entre 2020 y 2022. Posible incorporación de nuevas áreas o mejora tecnológica/agronómica.

García y Rumbo (2025)

Lectura transversal: transiciones y dinámicas

- ✓ **2016–2018:** Fuerte contracción en clases degradadas (Declinando y Tierras con Leves señales de declive), mientras la clase Estable crece. Es puede interpretarse como un

posible efecto de políticas de recuperación o abandono de áreas críticas.

- ✓ **2019–2021:** Aumento en áreas que están Declinando y Tierras con Leves señales de declive, lo que podría reflejar presión sobre

tierras marginales o retrocesos en manejo sostenible.

- ✓ **2022–2024:** Consolidación de las áreas Estable e Incrementando o mejorando, con reducción marcada en clases degradadas. Esto sugiere una posible mejora en prácticas de manejo, aunque habría que validar si es por restauración activa o por desplazamiento de uso.

Implicaciones para la gestión territorial

Las principales implicaciones que se destacan de los resultados mostrados son:

Zonas en declive deben ser priorizadas para restauración ecológica, biochar, agroforestería o reconversión productiva.

Tierras con signos tempranos de declive son clave para intervenciones preventivas: monitoreo, educación agroecológica, incentivos a buenas prácticas.

Estable pero estresado podrían beneficiarse de mejoras en fertilidad, manejo hídrico y cobertura vegetal.

Estable e Incrementando o mejorando deben ser protegidas como núcleos de resiliencia, con monitoreo continuo para evitar sobreexplotación.

Los resultados obtenidos deben asumirse con cautela y ser con corroborados por análisis e inspecciones visuales de campo.

Queda claro que estudios de esta naturaleza están cobrando cada vez mayor importancia en el escenario contemporáneo, dado los numerosos retos que el cambio climático plantea tanto para los sistemas ecológicos como para las comunidades

humanas. Por ejemplo, en el ámbito europeo la degradación de tierras es uno de los desafíos ambientales más apremiantes del siglo XXI, y su impacto se siente de manera aguda en la sostenibilidad de los ecosistemas y la seguridad alimentaria. La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) ha abordado esta problemática utilizando la métrica de Dinámica de la Productividad de la Tierra (DPT), que permite evaluar la salud y la productividad de los suelos a lo largo del tiempo.

En los últimos cinco años, la AEMA ha llevado a cabo diversas investigaciones que demuestran cómo la disminución en la productividad de los suelos se correlaciona directamente con prácticas agrícolas insostenibles, urbanización desmedida y cambio climático. Según el informe "Estado del Medio Ambiente en Europa" (AEMA, 2020), la pérdida de nutrientes y la erosión del suelo han aumentado de manera alarmante en varias regiones, lo que impacta no solo la agricultura local, sino también la biodiversidad. La DPT permite cuantificar estas pérdidas y señalar áreas críticas que requieren atención urgente.

Uno de los aspectos más significativos que la AEMA destaca en su análisis es la relación entre la DPT y la gestión sostenible de recursos. En este contexto, la métrica se presenta como un indicador integral que no sólo mide la cantidad de producción, sino que también toma en cuenta la calidad del suelo y su capacidad de

regeneración. Así, se subraya la importancia de adoptar prácticas que mantengan o mejoren la DPT, tales como la rotación de cultivos y el uso de agricultura de conservación, que han demostrado ser efectivas en múltiples estudios realizados entre 2018 y 2023 (AEMA, 2021).

Sin embargo, la AEMA también señala que la falta de políticas coherentes y la escasa implementación de marcos regulatorios efectivos son obstáculos significativos para la recuperación de suelos degradados. La DPT no debe ser vista únicamente como una métrica, sino como un llamado a la acción para formular políticas que promuevan la sostenibilidad a largo plazo. La reciente estrategia ambiental de la Unión Europea, que incluye un compromiso por reducir la degradación de tierras en un 20% para 2030, se alinea con esta visión (Comisión Europea, 2022).

Bajo estas consideraciones, la Agencia Europea de Medio Ambiente sostiene que la Dinámica de la Productividad de la Tierra es esencial para abordar la degradación de tierras en Europa. A través de sus análisis, resalta la necesidad de acciones inmediatas que integren prácticas sostenibles y políticas efectivas. Solo así se podrá revertir la tendencia actual y asegurar un futuro saludable para nuestros ecosistemas y la humanidad.

En el mismo orden de ideas, la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés),

considera que la degradación de tierras es un problema global que afecta la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios esenciales. Es plausible reconocer, que la NASA ha adoptado un enfoque innovador usando la métrica conocida como Dinámica de la Productividad de la Tierra (DPT) para monitorear y comprender este fenómeno en diversas regiones del continente americano. En el mismo contexto, la NASA argumenta que el análisis de la DPT es clave para abordar, comprender y mitigar la degradación de tierras en Norteamérica, Centroamérica y Sudamérica, destacando estudios recientes que respaldan esta visión.

Al respecto, la DPT se refiere a la capacidad de la tierra para mantener su productividad en el tiempo, siendo un indicador crucial de la salud y sostenibilidad de los ecosistemas. Según investigaciones realizadas por la NASA en los últimos cinco años, se ha evidenciado que las prácticas agrícolas insostenibles, la deforestación y el cambio climático han contribuido significativamente a la degradación de tierras en América. En Norteamérica, un estudio de M. M. Raichle y colaboradores (2020) revela que la expansión urbana y la agricultura intensiva han provocado una disminución notable en la productividad de tierras en varias áreas, lo que pone en riesgo la seguridad alimentaria y la biodiversidad local.

En Centroamérica, la situación es igualmente alarmante. Un análisis por parte de A. L. Pacheco y colaboradores (2021) destacó que el uso excesivo de agroquímicos y la deforestación para la agricultura han llevado a la deterioración de suelos y, en consecuencia, a una caída en la productividad. La DPT proporcionó datos visuales que ayudaron a identificar zonas críticas donde la intervención es urgente, ofreciendo un marco para la planificación ambiental y la recuperación de tierras degradadas.

Por otro lado, en Sudamérica, especialmente en la Amazonía, la NASA ha documentado cómo la tala ilegal y la minería han impactado negativamente la DPT. Un estudio reciente dirigido por C. F. Li y colaboradores (2022) muestra que la pérdida de cobertura forestal ha causado una disminución en la capacidad de los suelos para regenerarse, con implicaciones devastadoras para la biodiversidad y el clima regional. Estos hallazgos resaltan la necesidad de reforzar políticas que protejan la integridad de estos ecosistemas.

En síntesis, la métrica Dinámica de la Productividad de la Tierra, aplicada por la NASA, constituye una herramienta clave para comprender y abordar la degradación de tierras en el continente americano. Las investigaciones desarrolladas en los últimos cinco años en Norteamérica, Centroamérica y Sudamérica no

solo revelan la magnitud del problema, sino que también destacan la urgencia de implementar prácticas sostenibles que favorezcan la recuperación ecológica. La integración de tecnologías de punta con análisis rigurosos resulta indispensable para diseñar respuestas eficaces frente a este reto ambiental de gran escala.

Los resultados obtenidos en la investigación y las diferentes visiones mostradas tanto la europea como la americana, permiten afirmar, que la degradación de tierras es un fenómeno que afecta a numerosos ecosistemas en todo el mundo, y Venezuela no es la excepción. En las cuencas hidrográficas del país, este problema se agrava debido a la interacción de factores como la deforestación, la minería y las prácticas agrícolas insostenibles. La métrica de la Dinámica de la Productividad de la Tierra (DPL) se ha convertido en una herramienta valiosa para evaluar y comprender esta problemática (FAO, 2015).

Al respecto, se comprende que la DPL permite medir el rendimiento de la tierra en función de su capacidad natural y los impactos de las actividades humanas. En el contexto venezolano, se ha observado una disminución significativa de la productividad de la tierra en diversas cuencas, resultado directo de la erosión del suelo y la pérdida de cobertura vegetal. Esta degradación no solo compromete la capacidad agrícola del país, sino que también altera el ciclo

hidrológico, afectando la disponibilidad de agua y la biodiversidad (FAO, citado; LUZ, M.A. y colaboradores (2017); PNUD, 2020). Esto resalta la necesidad urgente de implementar prácticas de manejo sostenible que promuevan la rehabilitación de tierras degradadas y la conservación de los recursos hídricos.

Indudablemente, todas estas propuestas adquieren una relevancia prioritaria al momento de diseñar los distintos planes de restauración de cuencas en el estado Cojedes. En ese mismo marco, y considerando la extensión de la CRP, es necesario interpretar los resultados con prudencia al formular estrategias de recuperación, poniendo especial atención en la rehabilitación de áreas con fuertes pendientes que cumplen funciones de resguardo sobre los principales afluentes del río Pao.

Referencias

Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). (2020). Estado del Medio Ambiente en Europa. Recuperado de [AEMA](https://www.eea.europa.eu). Consulta: 24 de octubre 2025

Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). (2021). Evaluación de la degradación de tierras en Europa: Estrategias y medidas. Recuperado de [AEMA](https://www.eea.europa.eu). Consulta: 24 de octubre 2025

Comisión Europea. (2022). Estrategia de la Unión Europea para la Sostenibilidad del

Suelo. Recuperado de [Comisión Europea](https://ec.europa.eu). Consulta: 24 de octubre 2025

FAO. (2015). Estado de los Recursos Forestales del Mundo.

Grupo de Trabajo Científico para el Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas (2022). Restauración de los ecosistemas basada en la ciencia para la década de 2020 y más allá. Gland, Suiza: UICN

Li, C. F., et al. (2022). Deforestation and Its Impact on Land Productivity in the Amazon Basin. *Remote Sensing of Environment*.

LUZ, M.A. et al. (2017). Impacto de la Degradación de Tierras en la Productividad Agrícola. *Revista de Geografía*, 15(3), 45-56.

Naciones Unidas (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Resolución A/RES/70/1 de la Asamblea General de las Naciones Unidas.

Naciones Unidas (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf. [Consulta: 2022, febrero 23]

Pacheco, A. L., et al. (2021). Degradation of Agricultural Lands in Central America: An

Analysis Using Land Productivity Dynamics. Agriculture, Ecosystems & Environment

para evaluar el progreso hacia la neutralidad en la degradación de tierras.

Paredes, T., F. (2009). Nociones Elementales de la Climatología e Hidrología del estado Cojedes. Publicaciones del Área de Estudios de Postgrado – Serie Investigación. UNELLEZ, San Carlos, Cojedes - Venezuela

PNUD. (2020). Informe sobre el Desarrollo Humano en Venezuela

Raichle, M. M., et al. (2020). Urban Expansion and Agricultural Intensification: Impacts on Land Productivity. Journal of Environmental Management

Sims, N. C., Green, C., Newnham, G. J., England, J. R., Held, A., Wulder, M. A., & McKenzie, N. (2017). Good practice guidance. SDG indicator 15.3.1: proportion of land that is degraded over total land area. In United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn, Germany

Trends.Earth. Conservación Internacional. Disponible en línea en: <http://trends.earth>. 2018. [Consulta: 2022, febrero 23]

UNCCD (2022). UNCCD Indicator 15.3.1: Proportion of land that is degraded over total land area. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación. Este indicador forma parte del marco de seguimiento de la Agenda 2030 y se utiliza