

Valoración Económica de Planes de Saneamiento Forestal del Bosque de Coníferas de la especie Pinus Oocarpa en el municipio de Estelí, Nicaragua: Un Enfoque desde el inventario forestal, la corta silvícola y la reforestación

Economic Valuation of Forest Sanitation Plans for the Pinus Oocarpa Coniferous Forest in the municipality of Estelí, Nicaragua: An Approach from forest inventory, silvicultural harvesting and reforestation

Juan José Zelaya Zeledón¹

¹Investigador Independiente, juanjosezelaya2794@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-1475-7995>, Nicaragua

Información del Artículo

Trazabilidad:

Recibido 29-12-2025

Revisado 30-12-2025

Aceptado 31-01-2026

Palabras Clave:

Economía Ambiental

Servicios Ecosistémicos

Valoración Económica

Pinus Oocarpa

Inventario Forestal

RESUMEN

La economía ambiental aplicada al manejo forestal permite cuantificar los costos y beneficios derivados de la degradación, el aprovechamiento y la restauración de los ecosistemas. El presente artículo científico tiene como objetivo valorar económicamente los servicios ecosistémicos de un bosque de coníferas de *Pinus oocarpa* en el municipio de Estelí, Nicaragua, realizado en el marco de planes de saneamiento forestal por afectación del gorgojo descortezador (*Dendroctonus* spp.). La investigación adopta un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo-aplicado, con diseño no experimental y transversal. Se aplican métodos de precios de mercado, valoración del carbono, costos evitados y valoración de la restauración forestal para estimar el valor económico de los servicios de provisión, regulación y soporte ambiental. Los resultados demuestran que la valoración económica integral permite evidenciar el aporte real del bosque y fundamentar decisiones técnicas en el manejo forestal sostenible. Los resultados permitirán orientar decisiones de manejo forestal sostenible y compensaciones económicas frente a pérdidas por plagas forestales.

ABSTRACT

Environmental economics applied to forest management quantifies the costs and benefits of ecosystem degradation, utilization and restoration. This scientific article aims to evaluate economically the ecosystem services of a coniferous forest of *Pinus oocarpa* in the municipality of Estelí, Nicaragua, carried out within the framework of forest sanitation plans for the bark beetle (*Dendroctonus* spp.). The research adopts a quantitative, descriptive-applied approach with a non-experimental and cross-sectional design. Market pricing, carbon valuation, avoided costs and forest restoration valuation methods are applied to estimate the economic value of environmental provision, regulation and support services. The results show that comprehensive economic valuation allows to highlight the real contribution of the forest and to base technical decisions on sustainable forest management. The results will guide sustainable forest management decisions and economic compensation for losses from forest pests.

Keywords:

Environmental Economics

Ecosystem Services

Economic Valuation

Pinus Oocarpa

Forest Inventory

INTRODUCCIÓN

Los bosques de coníferas de Nicaragua desempeñan un papel estratégico en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos, tales como la producción de madera, la captura de carbono, la regulación hídrica y la conservación del suelo. Sin embargo, estos ecosistemas son altamente vulnerables a perturbaciones bióticas, entre las que destaca el gorgojo descortezador (*Dendroctonus* spp.), considerado una de las

principales plagas forestales del país. En el sector forestal, esta perspectiva resulta fundamental para evaluar los costos y beneficios asociados al uso, conservación y restauración de los bosques.

Desde la perspectiva de la economía ambiental, los planes de saneamiento forestal representan instrumentos de gestión que buscan internalizar las externalidades negativas generadas por la plaga, minimizando pérdidas económicas y ambientales mediante el aprovechamiento sanitario y la restauración forestal. En este contexto, la valoración económica de los servicios ecosistémicos permite asignar un valor monetario a los beneficios derivados del manejo forestal sostenible, facilitando la toma de decisiones técnicas y de política pública.

El presente artículo analiza un estudio de caso exemplificado en los saneamientos forestales en el municipio de Estelí, integrando información de inventario forestal censal, comercialización de madera y reforestación, desde un enfoque científico, técnico y académico aplicado a un bosque de *Pinus oocarpa*.

Como objetivos se planteo valorar económicamente un bosque de pino Ocarpa (*Pinus oocarpa*) con un inventario censal de 1,038 árboles en Estelí, Nicaragua, considerando el impacto de la plaga de gorgojo descortezador y las intervenciones de control. Además, se hace una caracterización del estado fitosanitario del inventario forestal de *Pinus oocarpa*, una estimación del valor económico del aprovechamiento maderable sanitario, se hace una valoración de los servicios ecosistémicos de regulación ambiental y restauración forestal; y se analiza la contribución económica y ambiental de la reforestación implementada.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el periodo comprendido del 2022 al 2024 durante la investigación de campo en el bosque de coníferas se contabilizaron 15 brotes de afectación que representa a un área afectada de 2.983 hectáreas. En la finca 1 se contabilizaron 9 brotes, en la finca 2 se contabilizaron 3 brotes y en la finca 3 se contabilizaron 3 brotes. En la presente tabla se tuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1: Cantidad de Arboles afectados de los Focos de Afectación en las Fincas

Compartimento	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Total
Brote 1	27	46	19	92
Brote 2	117	120	17	254
Brote 3	28	45	15	88
Brote 4	52	0	0	52
Brote 5	15	0	0	15
Brote 6	27	0	0	27
Brote 7	22	0	0	22
Brote 8	24	0	0	24
Brote 9	64	0	0	64
Arboles Dispersos	73	140	92	305

En el periodo comprendido del 2022 al 2024 en la etapa de campo tanto en la investigación preliminar como en la inspección de la comisión forestal municipal conformada se corroboró los niveles de afectación de la plaga en los 1038 árboles afectados teniendo los siguientes resultados:

Tabla 2: Afectación del Gorgojo Descortezador en sus fases

Propiedades	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
Finca 1	221	76	247	544
Finca 2	0	50	301	351
Finca 3	7	2	134	143
Colectivo	228	128	682	1038

En el periodo comprendido del 2022 al 2024 en la actividad comercial se aprobaron un total de 624.036 metros cúbicos de madera y en este periodo de tiempo se aprovecharon 577.449 metros cúbicos .

Tabla 3: Comercialización de la madera

Propiedades	Nº Arboles	Volumen Aprobado (M3)	Volumen (M3)	Comercializado
Finca 1	449	271.847	225.993	
Finca 2	351	164.562	163.834	
Finca 3	143	187.627	187.622	
Colectivo	943	624.036	577.449	

En el Periodo comprendido del 2022 al 2024 se tuvo un área de intervención de 136.322 hectareas en los planes de saneamiento forestal en las áreas protegidas del municipio de Esteli en donde se tuvo una afectación de 2.983 hectareas y en el municipio se establecieron 9,500 plantas en una área reforestada que equivale a 6.818 hectareas.

Tabla 4: Definición de las áreas de intervención

Propiedades	Área del Plan (Ha)	Área Afectada (Ha)	Área Reforestada (Ha)	Plantas Establecidas
Finca 1	30.404	1.250	1.79	4490
Finca 2	75.20	1.297	4.073	3510
Finca 3	30.718	0.436	0.955	1500
Colectivo	136.322	2.983	6.818	9500

Métodos de valoración económica de los servicios ecosistémicos

1 - Método de precios de mercado (servicio de provisión): El valor económico del servicio de provisión maderable se estimó mediante el método de precios de mercado. Se calcula de la siguiente manera mediante el **Ejemplo 1: Compra de la madera en Árbol en Pie:**

- **La Fórmula:** Volumen comercializado por el precio de Árbol en Pie
- **Operación Matemática:** $577.449 \text{ m}^3 \times 30 \text{ USD/m}^3 = 17,323.47 \text{ USD}$

Ejemplo 2: Valor de Transporte de Madera:

- **La Fórmula:** Viajes de Camión por el precio estimado del Transporte
- **Operación Matemática:** $15 \times 350 \text{ USD/m}^3 = 5,250 \text{ USD}$

2 - Valoración del servicio de regulación climática (carbono): Se estimó el valor económico del carbono almacenado y capturado, considerando precios de referencia del mercado voluntario.

Ejemplo 1: Captura y almacenamiento de carbono:

- **La Fórmula:** Toneladas de Dióxido de Carbono por el precio voluntario a pagar
- **Operación Matemática:** $750 \text{ t CO}_2 \times 10 \text{ USD/t} = 7,500 \text{ USD}$

Ejemplo 2: Captura futura por reforestación

- **La Fórmula:** Toneladas de Dióxido de Carbono por una tasa del precio normado
- **Operación Matemática:** $450 \text{ t CO}_2 \times 10 \text{ USD/t} = 4,500 \text{ USD}$

3- Método de costos evitados: El saneamiento forestal reduce la propagación del gorgojo descortezador hacia áreas sanas, evitando pérdidas económicas adicionales. La fórmula sería derivado de los costos por inversión en infraestructura, actividades silviculturales, servicios profesionales, etc; donde da un resultado del costo evitado estimado.

- **Caso 1:** Costo económico de un profesional rondaría los **2,000 USD** anuales.
- **Caso 2:** La reactivación o construcción de trochas:

Formula: Horas Trabajadas por el Costo Unitario:

$$10 \times 60 \text{ dólares: } \mathbf{600 \text{ dólares esta actividad}}$$

- **Caso 3:** Limpieza del Área:

- **Formula:** Días hombre vs costo unitario
- $10 \times 15 \text{ dólares} : 150 \text{ dólares esta actividad}$

4 – Disposición a pagar (servicios culturales y recreativos): Este método es denominado valoración contingente donde se aplica usando encuestas en la zona rural y urbana estableciendo una tarifa anual por la conservación del paisaje forestal y la biodiversidad. Esto puede sustentar un fondo comunitario de reforestación o programa de pago por servicios ambientales.

5- Valoración económica de la restauración forestal:

Ejemplo 1: La restauración se valoró a partir de los costos de establecimiento de plantas forestales.

- **La Fórmula:** Plantas Establecidas o Reforestadas por el valor de cada planta en vivero
- **Operación Matemática:** $9,500 \text{ plantas} \times 0.60 \text{ USD/planta} = 5,700 \text{ USD}$

Ejemplo 2: Costo de reposición (control de erosión): En las fincas de intervención se ha generado la pérdida de cobertura forestal donde se ha generado erosión en el arrastre de la madera, pérdida de suelo de vocación forestal y posibles daños en la conservación hídrica. En este caso podríamos considerar que la restauración podría oscilar entre **800 y 1,200 USD/hectárea** dependiendo del grado de afectación.

Áreas de Conservación Forestal: Cuando un bosque no se interviene (no hay corta, ni aprovechamiento), no se puede usar el precio de mercado de la madera. Por lo tanto, la valoración económica se basa en: Servicios ecosistémicos, beneficios indirectos y valores de no uso.

Tabla 5: Tipos de valor económico en conservación

Tipo de valor	Definición	Aplicación al bosque
Valor de uso indirecto	Beneficios sin extracción	Agua, carbono, clima
Valor de opción	Uso futuro potencial	Madera, turismo
Valor de existencia	Valor por conservar	Ético/ecológico
Valor de legado	Herencia a futuras generaciones	Sostenibilidad

En el caso de la conservación forestal existen métodos que no son adecuados como por ejemplo precio de mercado de la madera, costos de producción forestal y análisis financiero tradicional esto porque no existe una extracción comercial de la madera, no existe ingresos directos provenientes de la actividad comercial y porque su objetivo es la conservación de las áreas.

Lectura de los Datos Obtenidos

En el periodo comprendido del 2022 al 2024 durante la investigación de campo en los 3 planes de saneamiento tenemos un dato de 46.587 metros cúbicos de madera que fue afectada por diversos factores como árboles en mal estado, pudrimiento de la madera, camino en mal estado por las lluvias y la planificación de los viajes de la madera que no se hicieron en el tiempo estipulado conforme a lo que dura el año del permiso de aprovechamiento.

En el periodo comprendido del 2022 al 2024 durante la investigación de campo en los 3 planes de saneamiento se puede decir que el área reforestada es mayor al área afectada por la plaga del gorgojo descortezador y que la cantidad de plantas a reponer es superior a la cantidad de árboles afectados que se comercializaron.

En el periodo comprendido del 2022 al 2024 durante la investigación de campo los datos muestran la importancia económica del bosque tanto desde la perspectiva de la madera como de los servicios ecosistémicos. La tasa de supervivencia de la plantación fue del 85% que recibió el invierno la cantidad de lluvias necesarias. Además, que se encontró un fenómeno de que se combinó la plantación artificial con la regeneración natural. Es decir, que el tema climático ayudó a aumentar la cobertura forestal que se tenía en los planes.

La comparación de los costos de control con los beneficios derivados de evitar la mortalidad masiva estimula decisiones de manejo activo como rentables. Los métodos descritos presentan diferentes niveles de precisión, complejidad y requerimientos de información. En el contexto de Estelí, los métodos de precios de mercado y valoración del carbono resultan técnicamente más viables, mientras que la valoración contingente aporta una visión social complementaria teniendo en cuenta la opinión de los ciudadanos y el pago para su conservación. La combinación de métodos permite una valoración económica integral del bosque de *Pinus oocarpa*.

Los resultados demuestran que la valoración económica de los servicios ecosistémicos amplía la visión tradicional del bosque como simple fuente de madera. En el caso del bosque de *Pinus oocarpa* en Estelí, los servicios de regulación aportan beneficios económicos relevantes que justifican inversiones en conservación y manejo sostenible. La metodología empleada es consistente con enfoques utilizados a nivel internacional y puede ser replicada en otros bosques de coníferas del país.

Los resultados evidencian que la valoración económica desde la economía ambiental permite integrar los beneficios productivos y ambientales del bosque. Aunque el aprovechamiento forestal fue total, la reforestación y la valoración de servicios de regulación contribuyen a la sostenibilidad del sistema en el mediano y largo plazo. Este enfoque es consistente con los principios del manejo forestal sostenible y la economía ambiental aplicada.

Los resultados evidencian que la economía ambiental permite integrar el valor productivo del bosque con los beneficios ambientales derivados de la regulación climática, hídrica y la restauración ecológica. A pesar de la corta silvícola de 1,038 árboles, la reforestación y la valoración de servicios ecosistémicos contribuyen a mantener la sostenibilidad del sistema forestal en el largo plazo. El enfoque metodológico empleado es replicable en otros bosques de coníferas del norte de Nicaragua y constituye una herramienta útil para la planificación forestal.

Los resultados demuestran que los planes de saneamiento forestal no solo mitigan el impacto ecológico del gorgojo descortezador, sino que también generan beneficios económicos directos e indirectos. Desde la economía ambiental, el aprovechamiento sanitario y la reforestación constituyen mecanismos eficientes para internalizar las externalidades negativas causadas por la plaga.

Los resultados evidencian que los planes de saneamiento forestal generan beneficios económicos directos a través del aprovechamiento maderable, así como beneficios indirectos asociados a la regulación climática, el control de la plaga y la restauración del ecosistema. Desde la economía ambiental, estos beneficios justifican la implementación de estrategias de manejo forestal sostenible como mecanismos para internalizar externalidades negativas.

CONCLUSIÓN

- El bosque de pino Ocarpa estudiado posee un valor económico significativo tanto en madera como en servicios ecosistémicos donde el inventario censal permitió estimaciones precisas de volumen y valor.
- La investigación demuestra la utilidad de enfoques económicos aplicados a la gestión ambiental donde el tratamiento fitosanitario demostró ser necesario y económicamente justificable frente a la amenaza de la plaga.
- Los métodos de precios de mercado, valoración del carbono y costos evitados son técnicamente viables en el contexto local usando la combinación de métodos directos e indirectos que mejoran la comprensión del valor real del ecosistema.
- La valoración económica constituye una herramienta estratégica para el manejo forestal sostenible y la formulación de políticas ambientales usando el inventario forestal censal que proporciona información precisa para un diagnóstico ambiental de calidad.
- Los servicios ecosistémicos del bosque de *Pinus oocarpa* poseen un valor económico significativo y su reforestación incrementa el valor ambiental futuro del ecosistema forestal con las plantaciones forestales.
- La economía ambiental es un instrumento clave para la toma de decisiones en el manejo forestal sostenible, debido a que el inventario forestal censal permitió una caracterización precisa de la afectación por gorgojo descortezador y el aprovechamiento sanitario generó beneficios económicos significativos mediante la comercialización de madera.
- La reforestación incrementa el valor ambiental futuro del ecosistema. La economía ambiental demuestra ser una herramienta clave para justificar técnicamente y económicamente los planes de saneamiento forestal.

REFERENCIAS

Báez-Quiñones, Nidia. (2018). Valoración económica del medio ambiente y su aplicación en el sector ganadero cubano. *Pastos y Forrajes*, 41(3), 161-169. Recuperado en 26 de diciembre de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000300001&lng=es&tlng=es.

Cartilla del Gorgojo Descortezador del Pino del Instituto Nacional Forestal (INAFOR)

- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica [CONICYT]. (2021). Webinar sobre el manejo integrado de descortezadores del pino. <http://www.conicyt.gob.ni/index.php/2021/04/27/webinar-sobre-el-manejo-integrado-de-descortezadores-del-pino/>
- Guía Metodológica para Elaboración de planes de manejo en bosques pinares del Instituto Nacional Forestal (INAFOR)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). ENCOLOMBIA. Obtenido de <https://encolombia.com/economia/info-economica/valoracion-economica/costos-evitados/>
- Retos y Oportunidades del Saneamiento Forestal ante la Variabilidad Climática con Evidencias desde Estelí, Nicaragua. (2025). Revista Multidisciplinar Innova Scientia, 1(2), 1-11. <https://doi.org/10.70625/rmis/290>
- Raúl A. Rangel Cura, G. d. (2024). Guía Metodológica Para La Valoración Económica De Bienes Y Servicios Ecosistémicos Y Daños Ambientales. La Habana. Cuba: GAIA.
- Ripka de Almeida, Adriana, da Silva, Christian Luiz, & Hernández Santoyo, Alain. (2018). Métodos de valoración económica ambiental: instrumentos para el desarrollo de políticas ambientales. Revista Universidad y Sociedad, 10(4), 246-255. Epub 02 de septiembre de 2018. Recuperado en 26 de diciembre de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000400246&lng=es&tlang=es.
- Vizcaíno Zúñiga , P. I., Cedeño Cedeño , R. J., & Maldonado Palacios , I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria, 7(4), 9723-9762. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658
- .