

ORIGINAL

Management conservation of ecosystem services based on artificial intelligence: a analysis of citations in Scopus

Gestión sostenible de los servicios ecosistémicos basada en la inteligencia artificial: un análisis de citaciones en Scopus

Juan Bladimir Aguilar-Poaquiza¹  , Carla Sofía Arguello Guadalupe¹  , William Patricio Cevallos-Silva¹ 
, Jorge Daniel Córdova Lliquin¹  , Carlos Eduardo Cevallos Hermida¹  , Oscar Danilo Gaviláñez Álvarez¹
 , Diego Cajamarca-Carrasco¹  

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 060155, Riobamba. Ecuador.

Citar como: Aguilar-Poaquiza JB, Arguello Guadalupe CS, Cevallos-Silva WP, Córdova Lliquin JD, Cevallos Hermida CE, Gaviláñez Álvarez OD, et al. Management conservation of ecosystem services based on artificial intelligence: a analysis of citations in Scopus. Data and Metadata. 2025; 4:1066. <https://doi.org/10.56294/dm20251066>

Enviado: 29-09-2024

Revisado: 07-02-2025

Aceptado: 21-06-2025

Publicado: 22-06-2025

Editor: Dr. Adrián Alejandro Vitón Castillo 

Autor para la correspondencia: Juan Bladimir Aguilar-Poaquiza 

ABSTRACT

Technological development has allowed a global advance of artificial intelligence (AI), which is used as an advanced tool for the conservation of ecosystem services in order to achieve planetary sustainability. The objective of the article was to analyze the conservation of ecosystem services focused on the application of artificial intelligence based on bibliometric research. The Scopus database was used as a direct source of research. Using the 2020 prism methodology, 69 articles were quantified, considered from the year 2020 to 2025, with a notable growth of study from the year 2022 to 2024, obtaining in 2024 the maximum point with a total of 31 publications, of which environmental science is the most studied with 24 % and the country in which more research is generated is the United States with 15,84 %, followed by Italy with 14,85 %. Most of the studies involving ecosystem services seek to generate a green solution for the preservation of natural resources that provide great benefits and contribute to human wellbeing.

Keywords: Ecosystem Services; Artificial Intelligence; Sustainable Development; Environmental Management.

RESUMEN

El desarrollo tecnológico ha permitido un avance global de la inteligencia artificial (IA), la cual es empleada como herramienta de avanzada para la conservación de los servicios ecosistémicos en miras de alcanzar la sostenibilidad planetaria. El objetivo del artículo fue analizar la conservación de los servicios ecosistémicos enfocados en la aplicación de la inteligencia artificial a partir de una investigación bibliométrica. Se empleó la base de datos Scopus como fuente directa de indagación. Mediante la metodología prisma 2020 se cuantificaron 69 artículos, considerados desde el año 2020 al 2025, con un notable crecimiento de estudio desde el año 2022 al 2024, obteniendo en el 2024 el punto máximo con un total de 31 publicaciones, de los cuales la ciencia medio ambiental es la más estudiada con un 24 % y el país en el que se genera más investigaciones es en Estados Unidos con 15,84 %, seguido de Italia con un 14,85 %. Los estudios en su gran mayoría que involucran servicios ecosistémicos buscan generar una solución verde para la preservación de los recursos naturales que brindan grandes beneficios y contribuyen al bienestar humano.

Palabras clave: Servicios Ecosistémicos; Inteligencia Artificial; Desarrollo Sostenible; Gestión Ambiental.

INTRODUCCIÓN

En los últimas décadas, las actividades antrópicas han generado daños irreversibles al ambiente, provocando la degradación de los recursos naturales,⁽¹⁾ a través de procesos de deforestación, erosión, desertificación, pérdida de biodiversidad y cambio climático.^(2,3,4,5,6,7) Por lo tanto un sector con gran potencial para enfrentar esta problemática ambiental es la preservación sostenible de los servicios ecosistémicos (SE) con la aplicabilidad de la inteligencia artificial (IA).^(8,9)

Por otro lado, las contribuciones de la naturaleza a las personas (CNP) se clasifican en servicios de aprovisionamiento, soporte o mantenimiento, regulación y culturales.^(10,11,12,13,14,15,16) Por lo que, la planificación de la conservación y la protección de los (SE) pueden ser favorecidos significativamente mediante la aplicabilidad de la (IA),⁽¹⁷⁾ dado que facilita el análisis de grandes cantidades de datos provenientes de la naturaleza, como la realización de pronósticos exactos mediante las predicciones sobre las modificaciones del ambiente y las consecuencias inducidas por las actividades humanas en la alteración de la biodiversidad.^(18,19,20)

Existen varias maneras en que la IA se aplica actualmente en favor del cuidado de los SE, iniciando con la identificación de las alteraciones en los ecosistemas frágiles donde la IA, tiene la capacidad de predecir los efectos de los incendios forestales, efecto invernadero, calentamiento global, cambio climático, expansión o abandono agrícola no planificado, ausencia de humedales, olas de calor marinas, pérdida de glaciares, desarrollo abrupto en zonas rurales, minería ilegal entre otros, con el propósito de anticipar la perturbación ambiental, modelando su impacto y durabilidad de la degradación ambiental.^(21,22,23,24,25,26,27,28) Esta acción enriquece la toma de decisiones informadas acerca de la gestión sostenible de los recursos por parte de las agencias gubernamentales para la implementación de políticas sostenibles y la acción frente a problemáticas socio ambientales.^(29,30,31,32) La vigilancia en tiempo real de las condiciones ambientales es posible con la ayuda de drones, planificación espacial, redes neuronales, imágenes satelitales, datos geoespaciales y sensores los cuales utilizan IA para recolectar información acerca del estado de los SE, no obstante, los algoritmos de la IA tienen la capacidad de evaluar cómo están funcionando las zonas protegidas actualmente y proponer formas eficientes de cuidado para preservar los SE y su biodiversidad, esto significa que puede contemplar la recuperación de hábitats, lucha contra especies no autóctonas, rehabilitación, regeneración y gestión del agua, planificación del crecimiento urbano, forestación estratégica, reducción de emisiones, silvicultura, biodiversidad, fortalecimiento de la conectividad en la naturaleza, neutralización como almacenamiento del carbono y adaptación al cambio climático a través de la conservación de los SE.^(33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43)

Es así que la IA, proporciona recursos valiosos para la preservación sostenible de los ES, como la creación de planes estratégicos de restauración ecológica en beneficio de los ecosistemas marítimos y terrestres,^(44,45,46) asimismo modela el impacto de diversas acciones antrópicas ajustándose a una economía regenerativa y al avance de la industria 4.0.^(47,48,49,50)

No obstante, su puesta en marcha debe realizarse de forma responsable y ética, teniendo en cuenta las repercusiones económicas, sociales y medioambientales de la tecnología.^(51,52,53) Por ende, la finalidad del estudio es analizar la conservación sostenible de los servicios ecosistémicos enfocados en la aplicación de la inteligencia artificial mediante el empleo de la base de datos Scopus como fuente directa de la investigación bibliométrica.

MÉTODO

Se llevó a cabo un estudio bibliométrico con el propósito de analizar la gestión sostenible de los servicios ecosistémicos a través de la inteligencia artificial. Para ello se empleó la base de datos Scopus,⁽⁵⁴⁾ y la metodología prisma 2020,⁽⁵⁵⁾ se identificó inicialmente 296 documentos. La temporalidad considerada para la investigación dispuso de un rango del 2020 - 2025, teniendo en cuenta las palabras claves: “servicios ecosistémicos”, “inteligencia artificial”, “desarrollo sostenible”, “gestión ambiental”, se obtuvieron 182 documentos posteriormente se excluyó archivos que no sean artículos dando un resultado de 96 archivos, con restricción idiomática se reducen a un total de 95 artículos, luego de una revisión se descartaron estudios referentes a medicina y transporte que si bien utilizan la IA como fuente de estudio respetando los SE no plantean soluciones medioambientales reduciéndose a 69 artículos los cuales son incluidos para el análisis. Este procedimiento se detalla en la figura 1 método prisma.

RESULTADOS

El desarrollo de la investigación mostró una tendencia fluctuante, como se puede observar en la figura 2. A partir del año 2020 el interés por esta clase de estudio muestra un total de 17 publicaciones en cambio para el 2021, la producción investigativa experimento una reducción de 9 artículos publicados, no obstante, desde 2022 hasta 2024, se evidencia un notable crecimiento, alcanzando su mayor nivel en 2024 con un total de 31 publicaciones académicas, además, en lo que va del año, ya se han registrado 3 investigaciones, lo que refleja un claro interés en el estudio de la inteligencia artificial aplicada a la conservación sostenible de los servicios ecosistémicos.

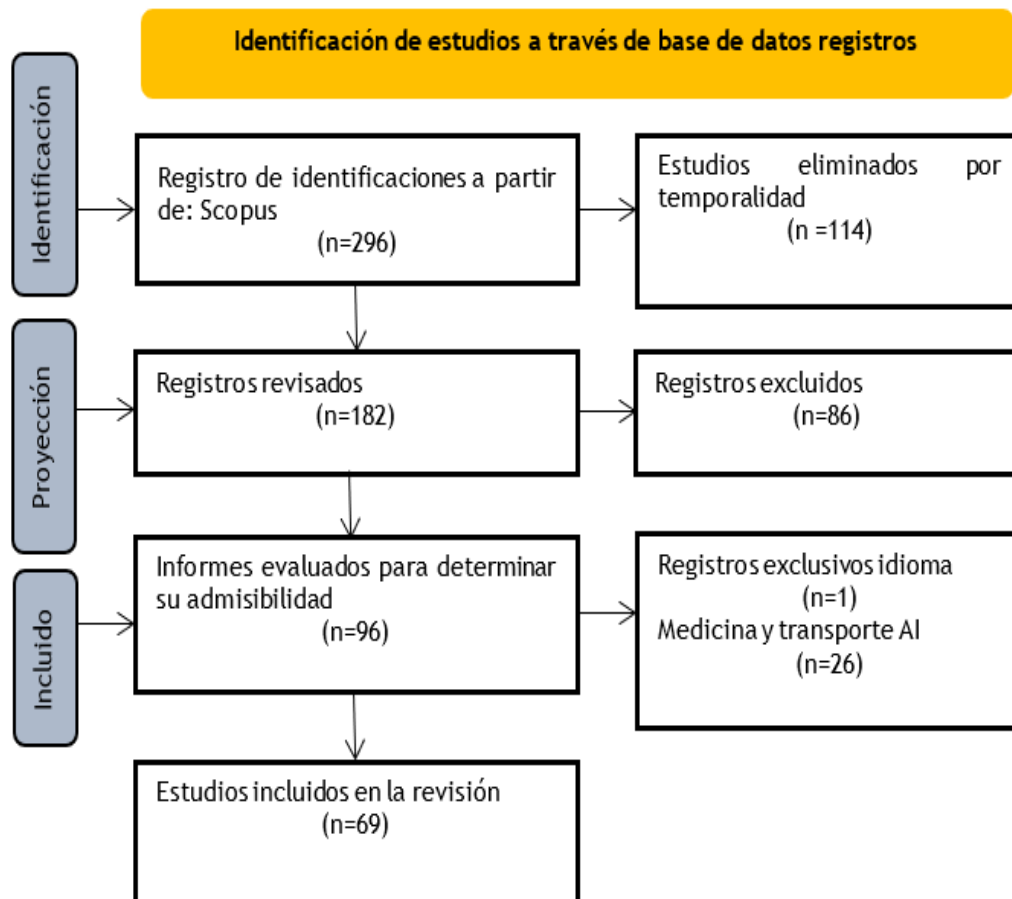


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020



Figura 2. Tendencia de publicaciones en base de datos Scopus

Por otro lado, se documentaron 19 investigaciones en distintas áreas del conocimiento, destacando la ciencia medioambiental como la más estudiada, con un 24 % del total la cual constituye 42 documentos científicos, le siguen las ciencias agrícolas y biológicas con 28 artículos que representan el 16 %, mientras que el 11 % corresponde a ciencias de la computación con 19 publicaciones académicas, a su vez el campo de la medicina, ciencias sociales e ingeniería con un 8 % dando un valor en conjunto de 44 publicaciones, las demás áreas presentan una menor cantidad de estudios, incluyendo negocios y ciencias de la decisión con el 4 %, ciencias de la tierra 3 % y energía 2 % como se aprecia en la figura 3.

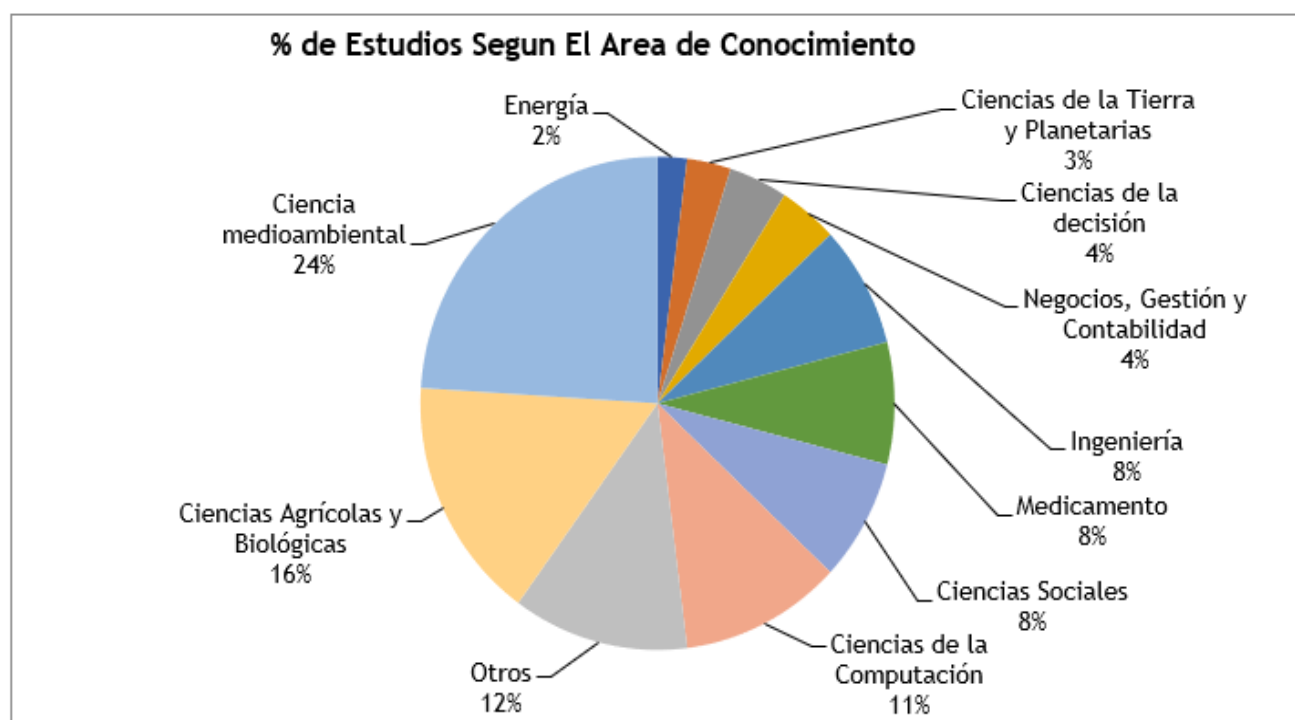


Figura 3. Porcentaje por área de estudio

Se analizó la correlación de coautoría y países donde se reflejaron 101 documentos publicados en 15 países con un número de 3 documentos por autor, como se demuestra en la figura 4 donde el 15,84 % de los documentos son de Estados Unidos con 16 documentos científicos, por otro lado, el 14,85 % le pertenecen a Italia con 15 documentos. Para el presente estudio se registraron 5 clusters y 15 items de las cuales están divididas por colores, el clusters 1 con color rojo: Estados Unidos, Italia, Corea del sur, Reino Unido, clusters 2 color verde: Finlandia, Alemania, Suecia, Suiza, clusters 3 color Azul: Australia, Canadá, Noruega, clusters 4 color amarillo: España, Países Bajos y clusters 5 con color morado: Republica Checa, Turquía, donde la correlación la predomina Estados Unidos. Sumándose a esto en la figura 5 se identifica que Estados Unidos e Italia son los países con el mayor número de publicaciones en el campo de los ES con la aplicabilidad de la IA.

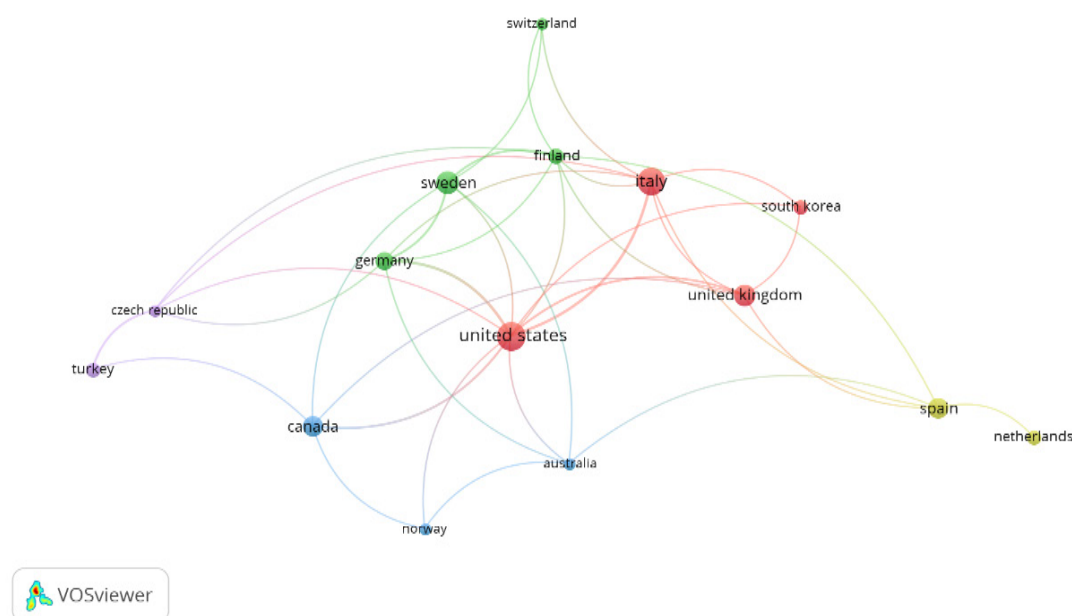


Figura 4. Análisis de correlación de Coautoría - Países



Figura 5. Numero de publicaciones por país

Adicional, se evaluó la relación de coocurrencia con descriptores aplicando un mínimo número de apariciones de un término de búsqueda,⁽¹⁰⁾ escogiendo las siguientes palabras clave: Inteligencia artificial, ecosistemas, servicio ecosistémico y desarrollo sostenible con un número de coocurrencia de 217 siendo la expresión habitual con el 41,93 % correspondiente a IA, por otra parte, los servicios ecosistémicos alcanzan un 15,2 % de recurrencia, exponiéndonos 4 items y 1 cluster como se visualiza en la figura 6.

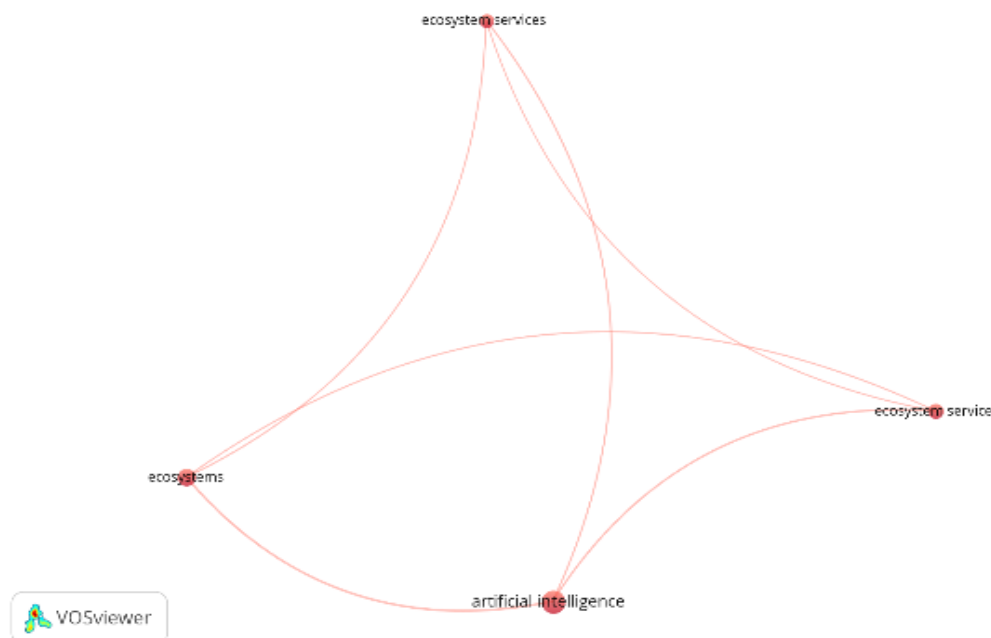


Figura 6. Análisis de correlación con Co-ocurrencia y palabras clave

El estudio de cocitación en interdependencia con las citas de autores fue aplicado a 20 citas de autor y 21 autores dando un total de 491 citas con 2 cluster, el cluster 1 con 16 items: Bhattacharya P, Coro G, Costanza R, Kumar N. Li J, Li X, Liu Y, Lusch R, Tanwar S, Vargo S, Villa F, Wang J, Wang Y, wirtz J, Zhang X, Zhang Y, y el cluster 2 con 5 items: Baskent E, Borges J, Felton A, Mozgeris G, Seidl R. Destacándose con un 7,13 % el autor Vargo S con un número de 35 citas, como se muestra en la figura 7.

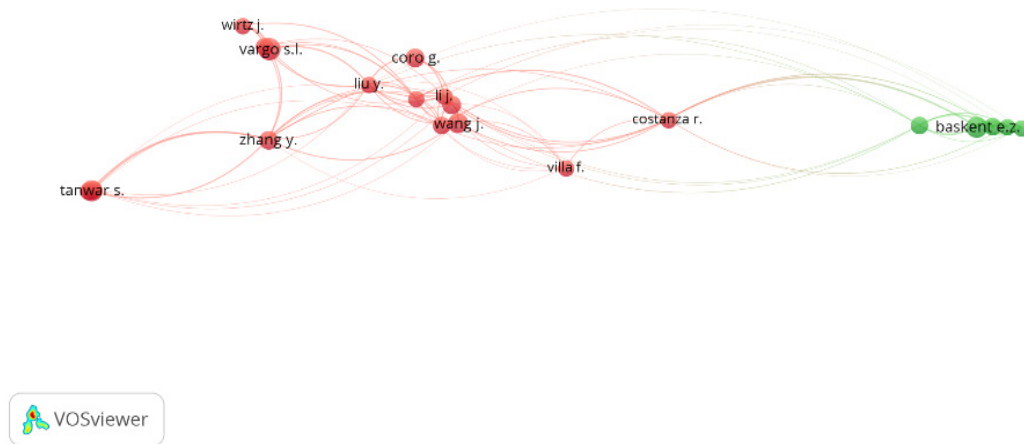


Figura 7. análisis de correlación de Citas autores

DISCUSIÓN

Los servicios ecosistémicos según la información disponible hasta la fecha indican una gran deficiencia de sostenibilidad por el excesivo consumo de los recursos naturales, degradación de la tierra y cambios ambientales aumentando las emisiones de dióxido de carbono, la pérdida de suelo, el suministro de agua y los valores culturales es por ello que las operaciones forestales eficientes son esenciales para la biodiversidad y el bienestar humano. ^(13,14,15,16,56,57,58,59,60,61,62) La implementación de la IA facilita la manipulación de análisis de datos complejos para un estudio previo de lo que acontece en un ecosistema para presentar un resultado de los diferentes acontecimientos ambientales en tiempo real, promoviendo un consumo mínimo de energías verdes y ayuda a la toma de decisiones, ^(20,63,64,65,66,76,68) el mapeo es una herramienta muy empleada en investigaciones anteriores para la restauración de estos servicios ambientales. ^(42,58,69,70,71) Los SE proporcionan grandes beneficios y ventajas lo que da lugar a la implementación de la IA como una herramienta que genere respaldo para el mejor aprovechamiento de los recursos naturales, ^(16,72) al ser adoptada por la comunidad garantiza una calidad de vida óptima para todos los seres vivos, economía sostenible, educación ecológica y un equilibrio sociocultural.

CONCLUSIÓN

Se analizó la conservación sostenible de los servicios ecosistémicos enfocados en la aplicación de la inteligencia artificial mediante el empleo de la base de datos Scopus como fuente directa de la investigación bibliométrica. En su mayoría, los estudios que involucran servicios ecosistémicos buscan generar una solución verde para la preservación de los recursos naturales que brindan grandes beneficios para la comunidad con el fin de promover una economía sostenible y un avance tecnológico con el gran objetivo del cuidado medioambiental.

REFERENCIAS

1. Demarquet Q, Rapinel S, Dufour S, Hubert-Moy L. Long-Term Wetland Monitoring Using the Landsat Archive: A Review. *Remote Sensing*. enero de 2023;15(3):820.
2. Blobel B, Oemig F, Ruotsalainen P, Brochhausen M, Sexton KW, Giacomini M. The Representational Challenge of Integration and Interoperability in Transformed Health Ecosystems. *J Pers Med* [Internet]. 2025;15(1). Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85215781661&doi=10.3390%2fjpm15010004&partnerID=40&md5=8576055a28d226f7efe8f8db4f8ad107>
3. Kirby MG, Scott AJ, Walsh CL. A greener Green Belt? Co-developing exploratory scenarios for contentious peri-urban landscapes. *Landsc Urban Plann* [Internet]. 2025;255. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85210531715&doi=10.1016%2fj.landurbplan.2024.105268&partnerID=40&md5=920b1088ae69680181ded06b3b2aab9b>
4. Evangelista V, Scariot A, Teixeira HM, Júnior IML. Local ecological knowledge and perception as a strategy in the management of ecosystem services. *J Environ Manage* [Internet]. 2024;368. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85200824945&doi=10.1016%2fj.jenvman.2024.122095&partnerID=40&md5=39c06fbf456a0a5bd95622db95fd4c6e>

7 Aguilar-Poaquiza JB, *et al*

5. Nabhani A, Mardaneh E, Sjølie HK. Multi-objective optimization of forest ecosystem services under uncertainty. *Ecol Model* [Internet]. 2024;494. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85196426068&doi=10.1016%2fj.ecolmodel.2024.110777&partnerID=40&md5=3f3615786b9952b5b1b00fe7ce5fe6f0>
6. Mañas J, Kabrhel J. Land use types at the boundaries between settlements and open landscape in suburbanised settlements on the example of the Czech Republic from the perspective of the potential for planting tall vegetation. *Ecol Indic* [Internet]. 2024;158. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85180924232&doi=10.1016%2fj.ecolind.2023.111446&partnerID=40&md5=7a56b4e27ce1587471dd0b8143cd720e>
7. Ruiz I, Pompeu J, Ruano A, Franco P, Balbi S, Sanz MJ. Combined artificial intelligence, sustainable land management, and stakeholder engagement for integrated landscape management in Mediterranean watersheds. *Environ Sci Policy*. 2023;145:217-27.
8. Chotisarn N, Phuthong T. Mapping the landscape of marketing technology: trends, theories and trajectories in ecosystem research. *Cogent Bus Manag* [Internet]. 2025;12(1). Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85214204935&doi=10.1080%2f23311975.2024.2448608&partnerID=40&md5=3ed7513306d45fe806b959146f23ca90>
9. Rojas MP, Chiappe A. Artificial Intelligence and Digital Ecosystems in Education: A Review. *Tech Knowl Learn*. 2024;29(4):2153-70.
10. Deléglise H, Justeau-Allaire D, Mulligan M, Espinoza JC, Isasi-Catalá E, Alvarez C, et al. Integrating multi-objective optimization and ecological connectivity to strengthen Peru's protected area system towards the 30*2030 target. *Biol Conserv* [Internet]. 2024;299. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85204359447&doi=10.1016%2fj.biocon.2024.110799&partnerID=40&md5=2a4636463625f13224a07de530c0d594>
11. Aznarez C, Kumar S, Marquez-Torres A, Pascual U, Baró F. Ecosystem service mismatches evidence inequalities in urban heat vulnerability. *Sci Total Environ* [Internet]. 2024;922. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85187533093&doi=10.1016%2fj.scitotenv.2024.171215&partnerID=40&md5=6b6d97b401e094f6e2afb783b113e017>
12. Wu C, Lu R, Zhang P, Dai E. Multilevel ecological compensation policy design based on ecosystem service flow: A case study of carbon sequestration services in the Qinghai-Tibet Plateau. *Sci Total Environ* [Internet]. 2024;921. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85185531452&doi=10.1016%2fj.scitotenv.2024.171093&partnerID=40&md5=2492b90aa7ce61be51955cc7f3e30a9e>
13. Başkent EZ, Kašpar J. Exploring the effects of various rotation lengths on the ecosystem services within a multiple-use management framework. *For Ecol Manage* [Internet]. 2023;538. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85151781010&doi=10.1016%2fj.foreco.2023.120974&partnerID=40&md5=b47f9b27a78c2e59795392689f113029>
14. Hahn T, Eggers J, Subramanian N, Toraño Caicoya A, Uhl E, Snäll T. Specified resilience value of alternative forest management adaptations to storms. *Scand J For Res*. 2021;36(7-8):585-97.
15. Capriolo A, Boschetto RG, Mascolo RA, Balbi S, Villa F. Biophysical and economic assessment of four ecosystem services for natural capital accounting in Italy. *Ecosyst Serv* [Internet]. 2020;46. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85096711049&doi=10.1016%2fj.ecoser.2020.101207&partnerID=40&md5=56655bd7c2eb1078019b35e36c74916e>
16. Baskent EZ. A framework for characterizing and regulating ecosystem services in a management planning context. *Forests* [Internet]. 2020;11(1). Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85078528866&doi=10.3390%2ff11010102&partnerID=40&md5=6e81186e03fbe84f56cd6418ae81d918>
17. Bentley C, Rigley E, Krook J, Ramchurn SD. Transdisciplinary Skills for AI Ecosystems: Using Future Visioning to Collaboratively Unpack Skills in UK Health and Emergency Response Scenarios. *Int J Semantic Computing*. 2024;18(3):305-27.
18. Hirvonen N, Jylhä V, Lao Y, Larsson S. Artificial intelligence in the information ecosystem: Affordances

for everyday information seeking. *J Assoc Soc Inf Sci Technol*. 2024;75(10):1152-65.

19. Megaro A, Carrubbo L, Polese F, Sirianni CA. Triggering a patient-driven service innovation to foster the service ecosystem well-being: a case study. *TQM J*. 2023;35(5):1256-74.

20. Pascual A, Giardina CP, Povak NA, Hessburg PF, Heider C, Salminen E, et al. Optimizing invasive species management using mathematical programming to support stewardship of water and carbon-based ecosystem services. *J Environ Manage* [Internet]. 2022;301. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85116466548&doi=10.1016%2fj.jenvman.2021.113803&partnerID=40&md5=9e5b0bb1396ea625b986f9293a593368>

21. Yadav N, Rakholia S, Yosef R. A Prototype Decision Support System for Tree Selection and Plantation with a Focus on Agroforestry and Ecosystem Services. *Forests* [Internet]. 2024;15(7). Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85199662392&doi=10.3390%2f15071219&partnerID=40&md5=cf35ace8011b09f7ed572fe780722e2f>

22. Mitra A, Alvarez CI, Abbasi AO, Harris NL, Shao G, Pijanowski BC, et al. Mapping Planted Forests in the Korean Peninsula Using Artificial Intelligence. *Forests* [Internet]. 2024;15(7). Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85199580600&doi=10.3390%2f15071216&partnerID=40&md5=ea07628155f4a595be1735f2364b5c41>

23. Coro G, Bove P, Baneschi I, Bertini A, Calvisi L, Provenzale A. Climate change effects on animal presence in the Massaciuccoli Lake basin. *Ecol Informatics* [Internet]. 2024;81. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85193226427&doi=10.1016%2fj.ecoinf.2024.102644&partnerID=40&md5=de748c5e1779baab39209a6db4576558>

24. Piazza N, Bebi P, Vacchiano G, Rigling A, Wohlgemuth T, Bottero A. Post-windthrow forest development in spruce-dominated mountain forests in Central Europe. *For Ecol Manage* [Internet]. 2024;561. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85189935891&doi=10.1016%2fj.foreco.2024.121884&partnerID=40&md5=228ef7c2018280c45b5bc07417c320c1>

25. Kowalkowski C, Wirtz J, Ehret M. Digital service innovation in B2B markets. *J Serv Manage*. 2024;35(2):280-305.

26. Valman SJ, Boyd DS, Carbonneau PE, Johnson MF, Dugdale SJ. An AI approach to operationalise global daily PlanetScope satellite imagery for river water masking. *Remote Sens Environ* [Internet]. 2024;301. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85179014067&doi=10.1016%2fj.rse.2023.113932&partnerID=40&md5=4f41818fa020ddbfc816aee43b4dd41c>

27. Müller M, Olsson PO, Eklundh L, Jamali S, Ardö J. Response and resilience to drought in northern forests revealed by Sentinel-2. *Int J Remote Sens*. 2024;45(15):5130-57.

28. Juvany L, Hedwall PO, Felton A, Öhman K, Wallgren M, Kalén C, et al. From simple metrics to cervid forage: Improving predictions of ericaceous shrub biomass. *For Ecol Manage* [Internet]. 2023;544. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85163948674&doi=10.1016%2fj.foreco.2023.121120&partnerID=40&md5=60c06dbae5c21c64e54521f0e978b327>

29. Katehakis DG, Filippidis D, Karamanis K, Kouroubali A, Farmaki A, Natsiavas P, et al. The smartHEALTH European Digital Innovation Hub experiences and challenges for accelerating the transformation of public and private organizations within the innovation ecosystem. *Front Med* [Internet]. 2024;11. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85211924375&doi=10.3389%2ffmed.2024.1503235&partnerID=40&md5=998fc4f2282020e91ceec493cfba346a>

30. Maass W, Agrawal A, Ciani A, Danz S, Delgadillo A, Ganser P, et al. QUASIM: Quantum Computing Enhanced Service Ecosystem for Simulation in Manufacturing. *KI - Kunstl Intell* [Internet]. 2024; Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85208025154&doi=10.1007%2fs13218-024-00860-x&partnerID=40&md5=b8a779f1d37c7542e8986fb6e6085f3c>

31. Kaartemo V, Helkkula A. Human-AI resource relations in value cocreation in service ecosystems. *J Serv Manage* [Internet]. 2024; Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85194383036&doi=10.1108%2fJOSM-03-2023-0104&partnerID=40&md5=117eb898e2e6c771fbbd0e7a978542d2

32. Cai S. Trends and Prospects of Ecodesign in Urban Landscape Design in the Context of Artificial Intelligence. *Appl Math Nonlinear Sci* [Internet]. 2024;9(1). Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85186567869&doi=10.2478%2famns-2024-0414&partnerID=40&md5=20b0655dc144c2c30ba8b18b39d60cee>

33. Jaung W. The need for human-centered design for AI robots in urban parks and forests. *Urban For Urban Greening* [Internet]. 2024;91. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85180961888&doi=10.1016%2fj.ufug.2023.128186&partnerID=40&md5=91e1d74c2e4e247e791c8fd6ed3ed712>

34. Ibn-Mohammed T, Mustapha KB, Abdulkareem M, Fuensanta AU, Pecunia V, Dancer CEJ. Toward artificial intelligence and machine learning-enabled frameworks for improved predictions of lifecycle environmental impacts of functional materials and devices. *MRS Commun*. 2023;13(5):795-811.

35. Velasquez-Camacho L, Etxegarai M, de-Miguel S. Implementing Deep Learning algorithms for urban tree detection and geolocation with high-resolution aerial, satellite, and ground-level images. *Comput Environ Urban Syst* [Internet]. 2023;105. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85167972874&doi=10.1016%2fj.compenvurbsys.2023.102025&partnerID=40&md5=d47f2fc2bc7d286d3f2b28d259516931>

36. Pashanejad E, Thierry H, Robinson BE, Parrott L. The application of semantic modelling to map pollination service provisioning at large landscape scales. *Ecol Model* [Internet]. 2023;484. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85165477507&doi=10.1016%2fj.ecolmodel.2023.110452&partnerID=40&md5=b8e25444c49287fb4810d0f05a8c77ce>

37. Lassalle G, Scafutto RDM, Lourenço RA, Mazzafera P, de Souza Filho CR. Remote sensing reveals unprecedented sublethal impacts of a 40-year-old oil spill on mangroves. *Environ Pollut* [Internet]. 2023;331. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85160249163&doi=10.1016%2fj.envpol.2023.121859&partnerID=40&md5=b4e7adbbf3b2fe18d0c3c2385ae191b1>

38. Gupta P, Bharat A. A hybrid scale to relate natural and built environments: a pragmatic approach to sustainable cities. *Int J Sustainable Dev World Ecol*. 2023;30(1):95-110.

39. Wei S, Cheng S. An artificial intelligence approach for identifying efficient urban forest indicators on ecosystem service assessment. *Front Environ Sci* [Internet]. 2022;10. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85141042972&doi=10.3389%2ffenvs.2022.994389&partnerID=40&md5=87e44702909e973d20c34759bb2af195>

40. Başkent EZ, Kašpar J. Exploring the effects of management intensification on multiple ecosystem services in an ecosystem management context. *For Ecol Manage* [Internet]. 2022;518. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85133953193&doi=10.1016%2fj.foreco.2022.120299&partnerID=40&md5=87b267d68dbce7691d2d861f3761d974>

41. Sivasankari M, Anandan R, Chamato FA. HE-DFNETS: A Novel Hybrid Deep Learning Architecture for the Prediction of Potential Fishing Zone Areas in Indian Ocean Using Remote Sensing Images. *Comput Intell Neurosci* [Internet]. 2022;2022. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85133600471&doi=10.1155%2f2022%2f5081541&partnerID=40&md5=d10952b363e085532bdc2b8349a46bb9>

42. Bindajam AA, Mallick J, Talukdar S, Islam ARMT, Alqadhi S. Integration of artificial intelligence-based LULC mapping and prediction for estimating ecosystem services for urban sustainability: past to future perspective. *Arab J Geosci* [Internet]. 2021;14(18). Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85113373959&doi=10.1007%2fs12517-021-08251-4&partnerID=40&md5=52650278d32caff03d34b6ed6891bf50>

43. Mozgeris G, Mörtberg U, Pang XL, Trubins R, Treinys R. Future projection for forest management suggests a decrease in the availability of nesting habitats for a mature-forest-nesting raptor. *For Ecol Manage* [Internet]. 2021;491. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85104940984&doi=10.1016%2fj.foreco.2021.119168&partnerID=40&md5=b436e5759a4d3ca86cf8039be58751fb>

44. Durán-Vinet B, Araya-Castro K, Zaiko A, Pochon X, Wood SA, Stanton JAL, et al. CRISPR-Cas-Based Biomonitoring for Marine Environments: Toward CRISPR RNA Design Optimization Via Deep Learning. *CRISPR J.* 2023;6(4):316-24.
45. Spalding MD, Longley-Wood K, McNulty VP, Constantine S, Acosta-Morel M, Anthony V, et al. Nature dependent tourism - Combining big data and local knowledge. *J Environ Manage* [Internet]. 2023;337. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85150384174&doi=10.1016%2fj.jenvman.2023.117696&partnerID=40&md5=007c6cb2f823d8050bc8119e69b08d57>
46. Bruzzese S, Blanc S, Brun F. The Decision Trees Method to Support the Choice of Economic Evaluation Procedure: The Case of Protection Forests. *For Sci.* 2023;69(3):241-53.
47. Balan A, Gabriel Tan A, Kourtiti K, Nijkamp P. Data-Driven Intelligent Platforms—Design of Self-Sovereign Data Trust Systems. *Land* [Internet]. 2023;12(6). Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85163828713&doi=10.3390%2fland12061224&partnerID=40&md5=df072cc33d7a45e9c85380be8d64d062>
48. Mpatziakas A, Drosou A, Papadopoulos S, Tzovaras D. IoT threat mitigation engine empowered by artificial intelligence multi-objective optimization. *J Network Comput Appl* [Internet]. 2022;203. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85129217028&doi=10.1016%2fj.jnca.2022.103398&partnerID=40&md5=7d04375388f47e7a3066010258f11f2e>
49. Verma A, Bhattacharya P, Madhani N, Trivedi C, Bhushan B, Tanwar S, et al. Blockchain for Industry 5.0: Vision, Opportunities, Key Enablers, and Future Directions. *IEEE Access.* 2022;10:69160-99.
50. Bustinza OF, Molina LM, Vendrell-Herrero F, Opazo-Basaez M. AI-enabled smart manufacturing boosts ecosystem value capture: The importance of servitization pathways within digital-intensive industries. *Int J Prod Econ* [Internet]. 2024;277. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85203828326&doi=10.1016%2fj.ijpe.2024.109411&partnerID=40&md5=9517ee4c4220f10e0a60b6add4e64e76>
51. LiK, KirklandS, YeoBL, TubbesingC, BandaruV, SongL, et al. Integrated economic and environmental modeling of forest biomass for renewable energy in California: Part I - Model development. *Biomass Bioenergy* [Internet]. 2023;173. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85151842101&doi=10.1016%2fj.biombioe.2023.106774&partnerID=40&md5=4a44766d5d297320bf16556b9e23385d>
52. Mallick J, Alqadhi S, Talukdar S, Sarkar SK, Roy SK, Ahmed M. Modelling and mapping of landslide susceptibility regulating potential ecosystem service loss: an experimental research in Saudi Arabia. *Geocarto Int.* 2022;37(25):10170-98.
53. Shaw JA, Donia J. The Sociotechnical Ethics of Digital Health: A Critique and Extension of Approaches From Bioethics. *Front Digit Health* [Internet]. 2021;3. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85129020558&doi=10.3389%2ffdgth.2021.725088&partnerID=40&md5=1ff10f7d2b1b4b470d9de59e1628e08c>
54. Scopus - Búsqueda de documentos | Iniciar sesión [Internet]. [citado 4 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>
55. PRISMA statement [Internet]. [citado 4 de febrero de 2025]. PRISMA 2020 flow diagram. Disponible en: <https://www.prisma-statement.org/prisma-2020-flow-diagram>
56. Pilogallo A, Scorza F. Mapping Regulation Ecosystem Services Specialization in Italy. *J Urban Plann Dev* [Internet]. 2022;148(1). Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85121205329&doi=10.1061%2f%28ASCE%29UP.1943-5444.0000801&partnerID=40&md5=3501a0e5d3a0a0b0d1e2bbf7aafaceef>
57. Bont LG, Fraefel M, Frutig F, Holm S, Ginzler C, Fischer C. Improving forest management by implementing best suitable timber harvesting methods. *J Environ Manage* [Internet]. 2022;302. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85119302805&doi=10.1016%2fj.jenvman.2021.114099&partnerID=40&md5=17b8f0d84968819f44e973aa70ff3c4b>

58. Yin X, Li J, Kadry SN, Sanz-Prieto I. Artificial intelligence assisted intelligent planning framework for environmental restoration of terrestrial ecosystems. *Environ Impact Assess Rev* [Internet]. 2021;86. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85096675214&doi=10.1016%2fj.eiar.2020.106493&partnerID=40&md5=6879c4d55cc12b56af3f7c78ed8a37fd>
59. Lal R. The role of industry and the private sector in promoting the “4 per 1000” initiative and other negative emission technologies. *Geoderma* [Internet]. 2020;378. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85088820034&doi=10.1016%2fj.geoderma.2020.114613&partnerID=40&md5=4e9b871c17f18b380040ef1fcb823b76>
60. Marta C, Maurizio C, Giacomo C, Marco B, Alessandro P. A social assessment of forest resource based on stakeholders’ perception: an application in three Balkans rural areas. *J For Res*. 2020;25(5):308-14.
61. Rinaldi F, Jonsson R. Accounting for uncertainty in forest management models. *For Ecol Manage* [Internet]. 2020;468. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85091299635&doi=10.1016%2fj.foreco.2020.118186&partnerID=40&md5=7d47d5af49b934ace9f64f3f822379f9>
62. Cavallari AA, Del Nero Velasco G, da Silva-Luz CL, Rosa AS, De Abreu Neder Waetge A, De Souza Barbosa E, et al. Predicting tree failure to define roles and guidelines in risk management, a case study in São Paulo / Brazil. *Urban For Urban Greening* [Internet]. 2024;91. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85181023251&doi=10.1016%2fj.ufug.2023.128181&partnerID=40&md5=da23ad924312d3c49e4ca6ae6c24208e>
63. Garlington B. CISE: Community Engagement of CEB Cloud Ecosystem in Box. *Intl J Adv Comput Sci Appl*. 2022;13(4):1-15.
64. Valeev DK, Nuriev AG, Makolkin NN. Using artificial intelligence algorithms in legal proceedings in the ecosystem services and digital economy. *Caspian J Environ Sci*. 2020;18(5):589-93.
65. Singh S, Sharma PK, Yoon B, Shojafar M, Cho GH, Ra IH. Convergence of blockchain and artificial intelligence in IoT network for the sustainable smart city. *Sustainable Cities Soc* [Internet]. 2020;63. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85088643220&doi=10.1016%2fj.scs.2020.102364&partnerID=40&md5=9747810b5f9c5b2e22f58c8581e3ab06>
66. Malde K, Handegard NO, Eikvil L, Salberg AB. Machine intelligence and the data-driven future of marine science. *ICES J Mar Sci*. 2020;77(4):1274-85.
67. Maydana G, Romagnoli M, Cunha M, Portapila M. Integrated valuation of alternative land use scenarios in the agricultural ecosystem of a watershed with limited available data, in the Pampas region of Argentina. *Sci Total Environ* [Internet]. 2020;714. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85078654287&doi=10.1016%2fj.scitotenv.2019.136430&partnerID=40&md5=1d7276566e84add8e9518fb7fa51aad3>
68. Grilli G, Fratini R, Marone E, Sacchelli S. A spatial-based tool for the analysis of payments for forest ecosystem services related to hydrogeological protection. *For Policy Econ* [Internet]. 2020;111. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85074371037&doi=10.1016%2fj.forpol.2019.102039&partnerID=40&md5=d5375007d09ad37600c5313ec73a8448>
69. Runge CA, Hausner VH, Daigle RM, Monz CA. Pan-arctic analysis of cultural ecosystem services using social media and automated content analysis. *Environ Res Commun* [Internet]. 2020;2(7). Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85101466475&doi=10.1088%2f2515-7620%2fab9c33&partnerID=40&md5=5b2fe7b13f28c4f82531c91d8f05eba1>
70. Cervelli E, Scotto di Perta E, Pindozi S. Energy crops in marginal areas: Scenario-based assessment through ecosystem services, as support to sustainable development. *Ecol Indic* [Internet]. 2020;113. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85079386512&doi=10.1016%2fj.ecolind.2020.106180&partnerID=40&md5=c2f6f46eae256800d84446d83b0aba02>
71. Lin J. Developing a composite indicator to prioritize tree planting and

protection locations. Sci Total Environ [Internet]. 2020;717. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85079359317&doi=10.1016%2fj.scitotenv.2020.137269&partnerID=40&md5=7a3a7b1f3905002470469930c28efaab>

72. Ahn S, Yim HJ, Lee Y, Park SI. Dynamic and Super-Personalized Media Ecosystem Driven by Generative AI: Unpredictable Plays Never Repeating the Same. IEEE Trans Broadcast. 2024;70(3):980-94.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiamiento para la presente investigación original.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no existir ningún conflicto de interés sobre la obra científica.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Juan Bladimir Aguilar Poaquiza, William Patricio Cevallos Silva, Diego Cajamarca-Carrasco, Jorge Daniel Córdova Lliquin, Carla Sofía Arguello Guadalupe, Carlos Eduardo Cevallos Hermida, Oscar Danilo Gaviláñez Álvarez.

Curación de datos: Juan Bladimir Aguilar Poaquiza, William Patricio Cevallos Silva, Diego Cajamarca-Carrasco.

Análisis formal: Juan Bladimir Aguilar Poaquiza, William Patricio Cevallos Silva, Diego Cajamarca-Carrasco, Carla Sofía Arguello Guadalupe, Carlos Eduardo Cevallos Hermida, Oscar Danilo Gaviláñez Álvarez.

Investigación: Juan Bladimir Aguilar Poaquiza, William Patricio Cevallos Silva, Diego Cajamarca-Carrasco, Jorge Daniel Córdova Lliquin, Carla Sofía Arguello Guadalupe, Carlos Eduardo Cevallos Hermida, Oscar Danilo Gaviláñez Álvarez.

Metodología: Juan Bladimir Aguilar Poaquiza, William Patricio Cevallos Silva, Diego Cajamarca-Carrasco, Jorge Daniel Córdova Lliquin, Carla Sofía Arguello Guadalupe.

Software: Diego Cajamarca-Carrasco, Juan Bladimir Aguilar Poaquiza, William Patricio Cevallos Silva.

Validación: Diego Cajamarca-Carrasco, Juan Bladimir Aguilar Poaquiza, William Patricio Cevallos Silva.

Redacción - borrador original: Juan Bladimir Aguilar Poaquiza, William Patricio Cevallos Silva, Diego Cajamarca-Carrasco, Jorge Daniel Córdova Lliquin, Carla Sofía Arguello Guadalupe, Carlos Eduardo Cevallos Hermida, Oscar Danilo Gaviláñez Álvarez.

Redacción - revisión y edición: Juan Bladimir Aguilar Poaquiza, William Patricio Cevallos Silva, Diego Cajamarca-Carrasco, Jorge Daniel Córdova Lliquin, Carla Sofía Arguello Guadalupe, Carlos Eduardo Cevallos Hermida, Oscar Danilo Gaviláñez Álvarez.