

Estado de la publicación: El preprint ha sido enviado para publicación en revista

PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL AGUA EN LATINOAMERICA

Holger Adrián Jaimes Medina

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.10409>

Enviado en: 2024-11-08

Postado en: 2024-11-14 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL AGUA EN LATINOAMERICA

PAYMENT FOR ENVIRONMENTAL SERVICES ASSOCIATED WITH WATER IN LATIN AMERICA

HOLGER ADRIÁN JAIMES MEDINA

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2167-3073>

Resumen

El presente artículo de revisión analiza el concepto y la implementación del Pago por Servicios Ambientales (PSA), con un enfoque especial en su papel como mecanismo económico para la conservación de las fuentes hídricas y la gestión sostenible del agua. Se revisa la evolución teórica del PSA y sus enfoques principales, así como casos de éxito en países como Costa Rica, México, Brasil y EE.UU. A través del análisis de estudios previos y experiencias internacionales, se destacan los beneficios del PSA, especialmente en la protección de cuencas hidrográficas, la mejora de la calidad del agua y el mantenimiento de servicios ecosistémicos críticos. Se explora su potencial aplicación en la región de la Orinoquía de Colombia, una zona clave por su riqueza en biodiversidad y recursos hídricos, subrayando su relevancia para la protección de fuentes de agua, la regulación del ciclo hidrológico y el desarrollo rural sostenible. Además, se identifican los desafíos que enfrenta la implementación del PSA en esta región, como la equidad en la distribución de beneficios y la necesidad de un financiamiento sostenible a largo plazo. Finalmente, el artículo discute las perspectivas futuras del PSA en la Orinoquía, considerando su papel en la mitigación del cambio climático y la cooperación entre gobiernos, comunidades locales y organizaciones internacionales para asegurar su éxito.

Palabras clave: servicios ambientales, pago por servicios ambientales, conservación del agua, Orinoquía, recursos hídricos, desarrollo sostenible, gestión ambiental.

Abstract

This review article analyses the concept and implementation of Payment for Environmental Services (PES), with a special focus on its role as an economic mechanism for water source conservation and sustainable water management. The theoretical evolution of PES and its main approaches are reviewed, as well as success stories in countries such as Costa Rica, Mexico, Brazil and the USA. Through the analysis of previous studies and international experiences, the benefits of PES are highlighted, especially in the protection of watersheds, the improvement of water quality and the maintenance of critical ecosystem services. Its potential application in the Orinoquía region of Colombia, a key area due to its wealth of biodiversity and water resources, is explored, highlighting its relevance for the protection of water sources, the regulation of the hydrological cycle and sustainable rural development. In addition, the challenges facing the implementation of PES in this region are identified, such as equity in the distribution of benefits and the need for long-term sustainable financing. Finally, the article discusses the future prospects of PSA in the Orinoquía, considering its role in climate change mitigation and the cooperation between governments, local communities and international organizations to ensure its success.

Keywords: environmental services, payment for environmental services, water conservation, Orinoquía, water resources, sustainable development, environmental management.

Introducción

Los ecosistemas proporcionan recursos ambientales que promueven el bienestar humano (Mooney, n.d.-a). Sin embargo, la explotación depredadora de estos recursos ha excedido la capacidad regenerativa natural para reconstruir los activos ambientales necesarios para las actividades humanas y el equilibrio ecológico (Wegner, 2016). El consumo excesivo da como resultado la pérdida de biodiversidad, la vulnerabilidad de las especies y el empobrecimiento genético de las poblaciones (Wittmer & Berghöfer, 2016). Por esta razón, una alternativa para mejorar el balance entre la provisión y la conservación de los recursos naturales es el uso de mecanismos de gestión ambiental, como los pagos por servicios ambientales (PSA) (Saavedra Díaz & Perevochtchikova, 2017; Song et al., 2023; Tyack et al., 2020; Wegner, 2016).

En estos sistemas, los productores reciben ingresos de los beneficiarios, quienes realizan pagos directos, a través de un contrato que especifica las condiciones para proveer un servicio ambiental (Hanley & White, 2014; Minaverri, 2016; Mooney, n.d.-b). Estos servicios se convierten en activos ambientales, como fuentes hídricas, recursos forestales, protección del clima o regeneración del suelo. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2015) define “bien ambiental” como los servicios que se brindan para la prevención y el control de la contaminación, con el uso de los recursos naturales. Esto puede incluir el control de la contaminación del aire, la gestión de desechos y efluentes, la reducción de la contaminación del suelo y el agua, la adopción de tecnologías limpias, la conservación de los bosques y los recursos naturales y la reducción de los desastres.

Los servicios ambientales fueron clasificados por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) en cuatro grupos. El grupo de aprovisionamiento está relacionado con los productos obtenidos de los ecosistemas, como alimentos, combustibles, fibras, agua dulce y recursos genéticos. El grupo cultural abarca los beneficios no materiales (enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, reflexión, recreación y experiencias estéticas). Los reguladores son aquellos vinculados al mantenimiento de la calidad del aire, la regulación del clima, el control de la erosión, la regulación de inundaciones y sequías y la purificación del agua. Los servicios de soporte están relacionados con la producción de oxígeno y la formación del suelo, que son indispensables para las funciones ecológicas. Sin embargo, existen otras actividades que promueven los servicios ecosistémicos, como las que realizan los recolectores de materiales reciclables. Estos trabajadores son fundamentales en la cadena de reciclaje que contribuye a reducir la cantidad de residuos enviados a los vertederos (Bingham et al., 2021) y la explotación de materias primas vírgenes, lo que consecuentemente disminuye los costos energéticos (Acosta & Carolina Bohórquez, n.d.; Benavides et al., 2023; Á. María & Sánchez, 2015; Yu et al., 2020) y las emisiones atmosféricas (Acosta & Carolina Bohórquez, n.d.; Zanten et al., 2014). Además, minimiza los impactos ambientales y en la salud de la eliminación inadecuada de los residuos (Patricio Clavijo Cevallos Katy Vanessa Gutiérrez Toscano et al., n.d.).

Figura 1. Clasificación de los servicios ecosistémicos de acuerdo con la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005)



En las últimas décadas, el Pago por Servicios Ambientales (PSA) ha surgido como una estrategia eficaz para incentivar la conservación y gestión sostenible de los recursos naturales, especialmente los recursos hídricos, en diversas regiones del mundo. En el contexto de Latinoamérica, donde la presión sobre los ecosistemas acuáticos y los efectos del cambio climático son cada vez más evidentes, se vuelve crucial entender el papel que juegan estos esquemas de PSA. En este sentido, este artículo busca responder la siguiente pregunta: **¿Cómo impactan los esquemas de pagos por servicios ambientales asociados al agua en la conservación y gestión sostenibles de los recursos hídricos en Latinoamérica?**"

En este documento abarcaremos un factor clave para la región y el país como lo es el cuidado de fuentes hídricas y el PSA en este ámbito.

El agua, recurso esencial para la vida, es uno de los bienes más amenazados por la contaminación, el mal uso y el cambio climático. A pesar de su importancia crítica para los ecosistemas y las actividades humanas, la sobreexplotación y la mala gestión han llevado a la escasez hídrica en muchas regiones del mundo. La protección de las fuentes hídricas, la implementación de tecnologías de tratamiento de agua, y el uso eficiente de este recurso son esenciales para garantizar su disponibilidad a largo plazo (Acosta & Carolina Bohórquez, n.d.; Li et al., 2022; Zhang et al., 2022).

Según una investigación desarrollada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) mostró que la disponibilidad y la calidad de las fuentes hídricas son altamente variables a nivel mundial, y están influenciadas por factores climáticos, socioeconómicos y de gobernanza. En Europa, el 87% de la población tiene acceso a agua potable de alta calidad, mientras que en América Latina solo el 65% de la población disfruta de servicios de agua adecuados (*Perspectivas Económicas de América Latina 2020*, 2020). Esta desigualdad en el acceso a los recursos hídricos resalta la importancia de implementar

mecanismos de gestión ambiental como el Pago por Servicios Ambientales (PSA), que buscan proteger y preservar fuentes críticas de agua.

El PSA ha sido particularmente exitoso en regiones como Costa Rica, donde desde 1997 se han protegido más de 1.8 millones de hectáreas de bosques mediante este tipo de programas, garantizando la conservación de cuencas hídricas y la regulación del ciclo del agua (Pagiola & Mundial, n.d.). Costa Rica ha logrado importantes avances en el cuidado del agua a través de estos esquemas, obteniendo beneficios directos para más de 15% de su población en áreas rurales que dependen del agua para la agricultura y el consumo doméstico. (*Dialnet-Biodiversidad Terrestre Del Istmo De Tehuantepec Y Politi-9356409*, n.d.; Tonitto et al., 2018)

En contraste, en países como México y Colombia enfrenta mayores desafíos en cuanto a la implementación del PSA en zonas donde la sobreexplotación de acuíferos es una problemática crónica. A pesar de contar con un esquema similar desde 2003, la cobertura de PSA en áreas prioritarias para la conservación hídrica es aún insuficiente, alcanzando solo el 6% de las cuencas estratégicas del país (Minaverri, 2016). Esto se debe a la falta de financiamiento y a la competencia por recursos económicos que dificultan una implementación más amplia y efectiva.

A nivel mundial, la escasez de agua afecta aproximadamente a 2.3 mil millones de personas, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), lo que convierte a las fuentes hídricas en un recurso vulnerable y valioso. Los programas de PSA pueden ser una solución clave para enfrentar estos desafíos, ya que permiten compensar económicamente a las comunidades que mantienen prácticas sostenibles para la protección de los recursos hídricos. En Brasil, por ejemplo, la iniciativa "Produtor de Água" ha incentivado la protección de cuencas mediante PSA, contribuyendo a mejorar la disponibilidad de agua en áreas como el estado de Espírito Santo (Brasil), con un incremento del 25% en la cantidad de agua almacenada en reservorios locales. (Cisneros et al., 2022)

En Colombia, la conservación del agua mediante esquemas de Pago por Servicios Ambientales (PSA) ha ganado impulso en los últimos años, especialmente en cuencas hidrográficas críticas para el suministro de agua potable y la agricultura. Programas como "Agua por la Vida y la Sostenibilidad", implementado en el departamento de Cundinamarca, han incentivado la protección de fuentes hídricas al compensar a pequeños propietarios rurales por mantener prácticas de conservación que aseguren el flujo y la calidad del agua (Minaverri, 2016). Este esquema ha permitido la conservación de más de 30 mil hectáreas de áreas estratégicas para la regulación hídrica, ayudando a mitigar el impacto de la escasez de agua en regiones vulnerables y promoviendo la sostenibilidad de los recursos hídricos a largo plazo. Además, la implementación de estos programas fomenta la participación de las comunidades locales en la gestión del agua, fortaleciendo el desarrollo rural y garantizando el acceso equitativo al recurso.

A pesar de estos casos de éxito, la implementación de PSA a nivel global enfrenta obstáculos importantes, como la falta de equidad en la distribución de los beneficios y la dificultad para asegurar la financiación a largo plazo. Además, el acceso desigual a los recursos hídricos y la vulnerabilidad de ciertas regiones exacerbadas las desigualdades sociales y económicas, lo que plantea un reto adicional para los formuladores de políticas. No obstante, con la cooperación entre gobiernos, organizaciones y comunidades, el PSA se perfila como una estrategia eficaz para garantizar la sostenibilidad de las fuentes hídricas en el futuro.

El objetivo de este artículo es realizar una revisión y análisis detallado sobre el concepto y el impacto de la implementación del Pago por Servicios Ambientales (PSA). A su vez, ver como este afecta la conservación y gestión de los recursos hídricos en Latinoamérica. A través de la recopilación de experiencias internacionales y casos de estudio, se busca identificar los beneficios, desafíos y perspectivas futuras del

PSA, con un enfoque particular en su posible aplicación en la región de la Orinoquía colombiana. El artículo pretende contribuir a la comprensión de cómo el PSA puede promover la sostenibilidad de las fuentes hídricas y mejorar la calidad y disponibilidad del agua en escenarios de cambio climático y presión sobre los ecosistemas. (*Perspectivas Económicas de América Latina 2020, 2020*)

Metodología

El presente artículo de revisión, de carácter descriptivo, se enfocó en analizar el concepto e implementación del Pago por Servicios Ambientales (PSA) asociados al agua. Para ello, se realizó una búsqueda exhaustiva de información científica en bases de datos académicas reconocidas como *Scopus, Dialnet, SciELO y Google Scholar*. También se consultaron revistas especializadas como *ScienceDirect, Elsevier, SpringerLink, Dialnet y Wiley Online Library*, seleccionando publicaciones clave que abordaran temas relacionados y tomando criterios de búsqueda cerrados que incluyan palabras clave como “Payment for Environmental Services” (PSA), “water conservation”, “Pago por Servicios Ambientales agua” y “sustainable development. Entre otros.

Se filtraron más de 100 artículos en relación con temas de conservación hídrica, PSA y desarrollo sostenible, asegurando un enfoque riguroso en términos de relevancia y calidad. La revisión incluyó estudios de caso de países como Colombia, Brasil, Estados Unidos, Honduras y México, entre otros, permitiendo una comparativa internacional sobre la implementación y los resultados de estos mecanismos. Se dio especial énfasis a los antecedentes y potencial de aplicación en la Orinoquía, una región clave para la gestión de fuentes hídricas y la preservación de ecosistemas.

El proceso de selección de artículos se llevó a cabo considerando su aplicabilidad en contextos de sostenibilidad y conservación del agua, especialmente en áreas rurales y ecosistemas estratégicos. A través de esta metodología, se buscó recopilar un amplio espectro de enfoques, políticas públicas y experiencias exitosas, con el fin de analizar la factibilidad del PSA como herramienta de gestión ambiental en Colombia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
Bases de Datos Consultadas	Scopus, Dialnet, SciELO, Google Scholar, ScienceDirect, Elsevier, SpringerLink, Wiley Online Library
Palabras Clave Utilizadas	“Payment for Environmental Services” (PSA), “water conservation”, “Pago por Servicios Ambientales agua”, “sustainable development”

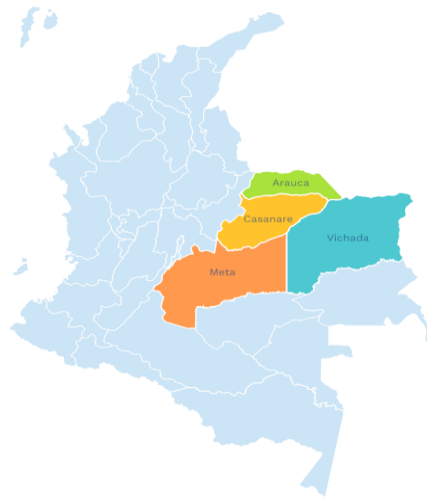
Artículos Filtrados	Más de 100 artículos
Criterios de Selección	Relevancia al tema de conservación hídrica, calidad metodológica, contexto rural, implementación del PSA, desarrollo sostenible, estudios de caso internacionales (Colombia, Brasil, EE.UU., Honduras, México)
Enfoque Geográfico	Especial énfasis en la región de la Orinoquía colombiana, considerada clave para la gestión de fuentes hídricas y la preservación de ecosistemas en áreas rurales
Rango Temporal	Artículos publicados entre 2014 y 2024
Temas Principales	PSA asociados a la conservación del agua, políticas públicas de sostenibilidad hídrica, gestión de cuencas hidrográficas, desarrollo rural, resultados de mecanismos internacionales
Resultados Esperados	Comparativa internacional sobre la implementación del PSA, identificación de casos exitosos y viabilidad de aplicar estos mecanismos en la región de la Orinoquía colombiana

Tabla 1 .Criterios de selección de artículos para la redacción de este documento.

Resultados

La región de la Orinoquía colombiana, también conocida como los Llanos Orientales, es de vital importancia para la conservación y gestión hídrica del país. Esta zona abarca aproximadamente 400,000 km² e incluye los departamentos de Arauca, Casanare, Meta, Vichada y Guainía, con una población cercana a los 2.6 millones de habitantes (*Info-CNPC-2018total-Nal-Colombia*, n.d.). Se caracteriza por su biodiversidad, que incluye sabanas tropicales, llanuras aluviales, altillanuras y piedemontes, lo que la convierte en un territorio estratégico para la conservación de ecosistemas, especialmente en cuanto a fuentes hídricas y servicios ecosistémicos.

Figura 2: Identificación De nuestra zona de Interés llanos Orientales
(Colombia)



Fuente: Ministerio de Agricultura de Colombia (Min agricultura)

En este contexto, el Pago por Servicios Ambientales (PSA) se plantea como una herramienta crucial para asegurar el cuidado de los recursos hídricos en la Orinoquía. La región es rica en recursos acuíferos, siendo hogar de numerosos ríos y cuencas que abastecen tanto a la población local como a actividades productivas clave como la agricultura y la ganadería. Sin embargo, la expansión de estas actividades y el aumento en la deforestación amenazan la capacidad de los ecosistemas para regular y proveer servicios ambientales, como la purificación del agua y la regulación del ciclo hidrológico (Galicia et al., 2018; Wiik et al., 2020).

El PSA asociado al agua se presenta como una alternativa viable para enfrentar estos desafíos, incentivando a las comunidades locales y actores privados a conservar las cuencas hidrográficas y garantizar un uso sostenible del recurso hídrico. La aplicación de estos mecanismos en la Orinoquía no solo podría mejorar la calidad y disponibilidad del agua en la región, sino también generar beneficios económicos para las comunidades rurales que se comprometan con la protección de estos ecosistemas estratégicos. (Hayes et al., 2019; Urcuqui-Bustamante et al., 2022; Wineland et al., 2023) Por lo tanto, experiencias exitosas en otras regiones de Colombia y países como Brasil y México podrían servir como referentes para la implementación de PSA en la Orinoquía, promoviendo una gestión sostenible de los recursos hídricos a largo plazo y contribuyendo a la conservación de la rica biodiversidad de la región. (Lagos et al., n.d.; Suarez et al., 2018)

Pagos por servicios de cuencas hidrográficas (PSH)

Los pagos por servicios de cuencas hidrográficas (PSH) son acuerdos en virtud de los cuales se compensa a un propietario de tierras por acciones de gestión específicas que mantienen o mejoran un recurso hídrico. Las preguntas son, ¿qué tan grande es el impacto que las acciones de un propietario de tierras tienen en el recurso hídrico de interés? Y ¿cuánto se le debe compensar? Por ejemplo, un análisis reciente en Kona, Hawaii, abordó la cuestión de si era financieramente beneficioso para el Departamento de Abastecimiento de Agua local pagar a los propietarios de tierras de las zonas altas para que administraran sus propiedades para aumentar la recarga de agua subterránea (Guswa et al., 2014) (S. María et al., n.d.).

Estos PSH son un tipo de programa de incentivos cada vez más popular, con más de 100 involucrados en encuestas recientes (Shi et al., 2021; Wang et al., 2022). China ha transferido miles de millones de dólares en fondos y subsidios para incentivar la conversión de tierras, para reducir la erosión y las inundaciones a través de su Programa Nacional de Conservación Forestal y su Programa “ Granos Verdes” (Fan et al., 2022; Green & Elmer, 2014). Y, desde el año 2000, The Nature Conservancy ha estado involucrada en su programa “Fondos de Agua” en casi toda América Latina. Proyectos multimillonarios en Brasil, Colombia, Ecuador, México, Panamá y Perú recaudan tarifas a los usuarios de agua y utilizan esos fondos para la conservación de los bosques a lo largo de ríos, arroyos y lagos (Arrais Benício et al., 2023; Francesconi et al., 2016).

El pago por servicios Ambientales se basa en el análisis de escenarios; como mínimo, habrá dos escenarios: el estado actual y uno o más estados futuros o alternativos que sean más o menos deseables (Becerra et al., 2021; Guswa et al., 2014). Además de los desafíos presentados anteriormente, los pagos por servicios de cuencas hidrográficas también agregan la complejidad de atribuir valor a una propiedad en particular junto con los desafíos de expresar los valores de los servicios en términos monetarios y asegurar que se cumplan los contratos (Feng et al., 2018; Villalobos et al., 2023). Además, los PSH se han vuelto particularmente populares en las regiones tropicales. Sin embargo, la ciencia hidrológica en los trópicos sigue siendo limitada y no está claro en qué medida el conocimiento obtenido de las cuencas hidrográficas templadas se puede trasladar a los trópicos (Carlson et al., 2014; Kemigisha et al., 2023)

Desafíos en la implementación del PSA asociado al agua

A pesar de su potencial, la implementación del PSA enfrenta obstáculos significativos. Uno de los desafíos más críticos es la dependencia de financiamiento externo y la ausencia de un presupuesto público permanente destinado al PSA. Sin el respaldo financiero a largo plazo, estos programas pueden volverse insostenibles, generando incertidumbre en las comunidades que dependen de los ingresos del PSA para sus actividades de conservación. En países donde el PSA ha sido implementado exitosamente, como México, existen modelos de financiamiento que combinan inversión pública y privada, lo cual podría replicarse en Colombia para asegurar la viabilidad del programa (Wunder, 2015; Zhou et al., 2022).

Otro desafío importante es la falta de infraestructura y recursos para monitorear y evaluar los impactos del PSA en el ciclo del agua. La supervisión continua y la medición de indicadores como la calidad del agua, el caudal y la biodiversidad asociada son fundamentales para evaluar la eficacia del PSA. Sin embargo, la falta de capacidades técnicas y el difícil acceso a ciertas áreas de la Orinoquía limitan la posibilidad de establecer sistemas de monitoreo efectivos (Rodríguez et al., 2022).

Consideraciones económicas para la inclusión de servicios ambientales en esquemas de pago por servicios ambientales.

El éxito de los esquemas de pagos por servicios ambientales (PSA) está sujeto al cumplimiento de diversas condiciones. En primera medida, los servicios ambientales que se consideren dentro del diseño de PSA, deberían generarse o proveerse en áreas donde los derechos de propiedad sean claros y bien definidos. Es decir, en áreas donde sea posible excluir a agentes no involucrados en el esquema pero que, sin derechos de propiedad claramente asignados, podrían acceder y hacer uso de las áreas en cuestión, de tal manera que la provisión del servicio ambiental no sea afectada por la degradación de los ecosistemas de estos agentes

externos. (Saavedra Díaz & Perevochtchikova, 2017; Samii et al., 2014) Los derechos de propiedad pueden ser colectivos, individuales, estatales, privados o en co-manejo, y deben establecerse sobre las áreas o ecosistemas particulares que se espera provean los servicios ambientales. Lo esencial es que existan esos derechos de propiedad y, sobre todo, que se puedan hacer cumplir.

La facilidad para establecer y hacer cumplir los derechos de propiedad sobre los servicios ambientales está fuertemente relacionada con la forma en que se utilizan estos servicios y cómo se distribuyen los beneficios que generan. Si un servicio puede ser consumido por múltiples personas sin que se agote o degrade, se vuelve más complicado definir y garantizar esos derechos de propiedad. Esto puede afectar la efectividad de los esquemas de Pago por Servicios Ambientales (PSA). La segunda característica es que los servicios ambientales que se generen en un determinado espacio deben producir efectos positivos a terceros que no son compensados; es decir, deben estar asociados a la generación de una externalidad positiva. Cuando los beneficios de un ecosistema son disfrutados directamente por aquellos quienes toman las decisiones sobre su manejo, se puede esperar, con alta probabilidad, que esas decisiones induzcan a la provisión de los servicios. Sin embargo, cuando los beneficios recaen sobre terceros, el interés social y el privado no estarán alineados (Guswa et al., 2014; Serrano Pérez et al., 2020). Esta diferencia entre los beneficios sociales y privados constituye una falla clásica de mercado, que es lo que conocemos como externalidades.

¿Qué es una externalidad?

Las externalidades constituyen fallas de mercado que se definen como efectos externos positivos (o negativos) que las decisiones de producción o de consumo de los agentes generan sobre terceros y por los cuales no existe (no reciben, no pagan) compensación.

Los pagos por servicios ambientales son un instrumento económico que apunta precisamente a eliminar esas fallas de mercado. Por ejemplo, cuando un poseedor o titular de tierra toma la decisión de conservar completa o parcialmente parte de ella, puede generar servicios ambientales para otros agentes; es decir genera externalidades positivas. (Chan et al., 2017; Engel, 2016) Entender la relación entre la presencia de externalidades y los PSA es relevante porque estos incentivos no son la solución a todos los problemas ambientales existentes. Otras fuentes de conflictos ambientales se relacionan con la inseguridad en los derechos de propiedad, la falta de conciencia ambiental, pobreza, dilemas sociales o subsidios a sectores que fomentan la degradación ambiental. (Álvarez & Cárdenas, n.d.; Prudencio & Null, 2018)

En la vida real se presentan combinaciones de fuentes de problemas que requieren más de una política o estrategia (Rath et al., 2023). Los problemas de externalidades han sido tratados a través de diferentes tipos de políticas, como la provisión pública de bienes y servicios, contratos privados entre proveedores y beneficiarios, el fomento de esfuerzos voluntarios por empresas e individuos, regulación por parte del gobierno, esquemas de subsidios e impuestos (por ejemplo, la aplicación del impuesto pigouviano o el principio de “el que contamina paga”) e incluso enfoques híbridos (Cerveira, Do Prado, & Da Cunha, 2024). En el caso de los PSA, aunque tiene la misma base teórica de los impuestos pigouvianos, se sustenta en el principio opuesto de “el beneficiario paga”, donde los derechos de propiedad sobre los servicios se reconocen a los proveedores. Esta decisión es muy apropiada cuando los proveedores de los servicios ambientales son más pobres que los usuarios de los mismos (Pagiola & Mundial, n.d.; Paredes-Vilca, 2019).

El tercer atributo relevante para la selección de servicios ambientales en esquemas de PSA, es que se encuentren en riesgo de deterioro. Es decir, que existan actividades o usos alternativos que compitan con la conservación, poniendo en riesgo la provisión de servicios ambientales. En estos casos, el mantenimiento o el aumento en la provisión de los servicios ambientales se asocia a un costo de oportunidad positivo para los poseedores o dueños de la tierra. (Cerveira, Do Prado, Tonini, et al., 2024; Corrales Pérez et al., n.d.)

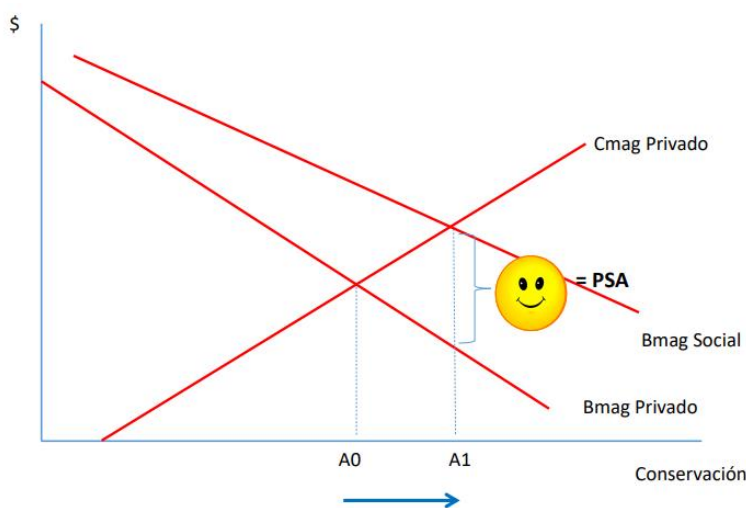
El riesgo de deterioro de los servicios ambientales se genera, justamente, porque, en determinadas condiciones, la generación o mantenimiento del flujo de servicios ambientales implica una pérdida de beneficios para los potenciales proveedores.

¿Qué es el costo de oportunidad en el marco del PSA?

Valor de la mejor opción de producción a la que se renuncia cuando el propietario (o poseedor) de un terreno acepta cambiar el uso –de parte o la totalidad- del predio a través de un contrato de conservación, hacia usos que mejoren la provisión de servicios ambientales y que generalmente se asocian a menores beneficios netos.

Para ilustrar la relación entre la presencia de la externalidad positiva, el costo de oportunidad y el PSA, veamos la figura 3. En el eje horizontal se representan hectáreas de conservación, mientras que el eje vertical representa dinero. Un propietario de tierra conserva el número de hectáreas donde el costo marginal de conservar (C_{mag} privado) se iguala al beneficio marginal privado de conservar (B_{mag} privado); es decir A_0 hectáreas. Sin embargo, la conservación de esas hectáreas genera efectos positivos a la sociedad, de tal manera que el beneficio marginal social (B_{mag} social) es mayor al beneficio privado del dueño de la tierra, lo que indica que el óptimo social sería dedicar no A_0 sino A_1 hectáreas a conservación. Esta brecha entre el beneficio marginal privado y el beneficio social refleja la externalidad positiva de la conservación. No obstante, en ese nivel de conservación, el costo en el margen para el propietario supera los beneficios y, por tanto, no tendrá incentivo para aumentar su nivel de conservación de A_0 a A_1 hectáreas. El PSA actúa como un puente que cierra esa brecha.

Figura 3. Externalidad positiva en la conservación y PSA



Fuente: Moreno Sánchez, R y Maldonado, J. (2021)

El PSA no es la única -y en muchos casos no es la mejor- estrategia para resolver todos los problemas ambientales o de conservación.

Existen precondiciones y diversos elementos de su diseño e implementación que deben tenerse en cuenta a la hora de definir si este es el instrumento apropiado, si se requieren estrategias o intervenciones previas, o si el PSA debe hacer parte de un paquete de instrumentos complementarios entre sí.

Las precondiciones, así como el árbol de decisiones y los elementos para el diseño e implementación del PSA que se han venido proponiendo en la literatura, a partir de la experiencia de implementaciones en campo y de evaluaciones de esquemas de PSA, constituyen factores relevantes para que los formuladores de política, así como los practicantes y donantes tengan en cuenta para lograr impactos positivos y costo-efectividad en su implementación; En los años recientes, se han venido desarrollando evaluaciones de impacto rigurosas de las intervenciones en conservación, que incluyen áreas protegidas y esquemas de PSA. Estas evaluaciones se han llevado a cabo a través de enfoques experimentales y cuasiexperimentales, así como de otro tipo de evaluaciones no experimentales (Demirel et al., 2018; Ingram et al., 2014)

(Cortazzo et al., n.d.; Song et al., 2023) aseguran que frecuentemente los impactos ambientales de los esquemas de PSA son positivos, aunque pequeños, especialmente al nivel nacional, y no necesariamente menores que los de otras intervenciones como las áreas protegidas. A la vez, encuentran pequeños efectos sociales positivos y no encuentran impactos sociales negativos.

(Cisneros et al., 2022; Rodríguez et al., 2022) hacen una revisión de una serie de 19 estudios de evaluación de impacto de esquemas de PSA y también encuentran que este instrumento es, al menos, tan efectivo en adicionalidad como otras herramientas de conservación.

Las variaciones en los resultados de las aun escasas evaluaciones de impacto de PSA que se encuentran en la literatura se explican por varias razones, entre ellas: escalas de medición, metodologías aplicadas, tamaños de muestra, indicadores de impacto utilizados y selección de controles, entre otros.

(Maca-Millán et al., 2021) resaltan que en el diseño y la implementación de los PSA se debe comprender bien su funcionamiento económico para desarrollar mejor su potencial como instrumento de conservación. A partir de su análisis, estos autores identificaron los principales elementos que pueden afectar el impacto de los esquemas de PSA. El primero es la autoselección (adversa) de los participantes.

La focalización espacial (a partir de densidad de los servicios ambientales, costos de provisión o nivel de amenaza) ayudarían a resolver este reto. El segundo elemento tiene que ver con la focalización administrativa, ya que algunos programas de PSA surgen con propósitos no ambientales, lo que resulta en implementación de esquemas localizados en áreas de baja amenaza y, por tanto, baja o nula adicionalidad. En estos casos, una combinación de selección de sitios que exhiban amenazas intermedias y costos de oportunidad moderados podría ser efectiva. El tercer elemento se relaciona con la condicionalidad del esquema. Si el esquema tiene un mal manejo del cumplimiento de la condicionalidad (limitado monitoreo o falta de aplicación de sanciones por no cumplimiento), el instrumento estará destinado a fracasar. En muchos esquemas no se implementan mecanismos adecuados de monitoreo o de sanciones por no cumplimiento, lo que pone en riesgo la condicionalidad del esquema.(Azevedo de Melo et al., 2021)

Casos de Éxito en la Implementación de PSA Asociados al Agua en Latinoamérica

En Latinoamérica, los esquemas de Pago por Servicios Ambientales (PSA) asociados al agua han generado impactos significativos en la conservación hídrica y el desarrollo sostenible. En México, el programa de Pagos por Servicios Hidrológicos (PSH), implementado en 2003 y gestionado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), ha invertido más de \$500 millones de dólares en incentivos para propietarios de tierras en áreas críticas para la recarga hídrica. Hasta 2016, este programa logró proteger más de 3 millones de hectáreas, beneficiando a 25 millones de personas al asegurar la disponibilidad de agua en regiones con alta demanda (Joslin, 2023).

En Ecuador, el programa "Socio Bosque", lanzado en 2008, ofrece pagos anuales de \$30 a \$60 por hectárea a comunidades y propietarios que conservan páramos y bosques. Este esquema ha logrado proteger más de 1.6 millones de hectáreas y ha beneficiado a más de 170,000 personas, principalmente en la región andina, donde la conservación de páramos es vital para el suministro de agua potable en ciudades como Quito. (Gao et al., 2024; Á. María & Sánchez, 2015)

Asimismo, The Nature Conservancy (TNC) ha desarrollado Fondos de Agua en varios países de Sudamérica, incluyendo Colombia, Brasil y Perú. A través de estos fondos, se recauda anualmente entre \$1 y \$3 millones de dólares provenientes de tarifas de usuarios del agua (empresas, entidades públicas y organizaciones), que se destinan a la conservación de cuencas. En Bogotá, el Fondo de Agua ha protegido 200,000 hectáreas de páramos que abastecen de agua a 8 millones de personas, asegurando así la calidad y disponibilidad del recurso hídrico en la capital colombiana. (Guswa et al., 2014; Rodríguez et al., 2022).

Costa Rica, pionera en PSA en la región, lanzó un esquema nacional en 1997 financiado por un impuesto a los combustibles fósiles, que recauda anualmente cerca de \$33 millones de dólares para la conservación de bosques en áreas de recarga hídrica. Gracias a este esquema, Costa Rica ha conservado aproximadamente 1.3 millones de hectáreas, beneficiando tanto la biodiversidad como la disponibilidad de agua para uso agrícola y doméstico en zonas rurales y urbanas. (María & Sánchez, 2015; Sánchez-Chaves & Navarrete-Chacón, 2017).

En Brasil, el "Proyecto Produtor de Água", gestionado por la Agencia Nacional del Agua (ANA), ha invertido cerca de \$8 millones de dólares para incentivar a más de 1,200 agricultores en prácticas de reforestación y conservación de suelos en cuencas estratégicas. Este esfuerzo ha reducido la erosión del suelo en un 40% en áreas agrícolas y mejorado la calidad del agua en las principales cuencas hidrográficas. (Azevedo de Melo et al., 2021; Rodrigues et al., n.d.)

Estos casos demuestran cómo los PSA asociados al agua pueden lograr resultados concretos cuando cuentan con un financiamiento sostenible y la colaboración entre el sector público, privado y las comunidades locales. La combinación de inversiones significativas y la participación de múltiples actores han permitido la conservación de millones de hectáreas de áreas estratégicas, beneficiando a poblaciones locales e impulsando un modelo de desarrollo que protege los recursos hídricos y mejora la calidad de vida en la región.

Conflicto de intereses.

En la implementación de esquemas de PSA asociados al agua en Latinoamérica, hemos observado que el éxito de estos programas depende en gran medida de ciertos factores críticos: financiamiento sostenible, colaboración entre sectores, participación comunitaria, y un marco regulatorio que respalde las acciones de conservación. Casos como los de México, Costa Rica, y Colombia ilustran que, con los incentivos económicos adecuados y la inclusión de las comunidades locales, se pueden proteger vastas áreas de recursos hídricos que son esenciales tanto para el ecosistema como para el abastecimiento humano. Sin embargo, uno de los principales desafíos sigue siendo la dificultad de asegurar recursos económicos estables a largo plazo, lo cual es fundamental para que estas iniciativas tengan un impacto duradero. (Shivakumar et al., 2021a)

Además, la efectividad del PSA está estrechamente ligada a la existencia de sistemas de monitoreo que permitan evaluar los resultados y adaptarse según las necesidades específicas de cada región. En países como Brasil, la implementación de modelos como el "Produtor de Água" muestra cómo el monitoreo continuo ha permitido reducir la erosión y mejorar la calidad del agua en áreas estratégicas. Sin embargo, muchas áreas rurales y de difícil acceso, como la Orinoquía colombiana, enfrentan limitaciones en

infraestructura, lo que restringe el desarrollo de sistemas de seguimiento exhaustivos y, por ende, limita el potencial de los PSA para tener un impacto significativo en esas zonas.(Salgado Hernández & Briones Valenzuela, 2023)

El análisis comparativo también revela que la cooperación entre los sectores público y privado ha sido un pilar clave para lograr PSA exitosos, como se ve en los Fondos de Agua de The Nature Conservancy. Estos fondos han fomentado la participación de empresas en la financiación de proyectos de conservación hídrica, pero aún existen limitaciones para implementar esquemas de este tipo en otros países, debido a una falta de cultura de colaboración intersectorial y de políticas específicas para el PSA. La equidad en la distribución de los beneficios también es un aspecto pendiente en muchos países, donde las comunidades que más contribuyen a la conservación no siempre reciben una compensación proporcional a sus esfuerzos.

En nuestro caso particular podemos decir que la implementación en la Orinoquía colombiana es viable ya que se perfila como una región de alta relevancia para implementar PSA debido a su biodiversidad y riqueza hídrica. La experiencia en otros países sugiere que la aplicación de estos esquemas puede ayudar a mitigar los efectos de la deforestación y la expansión agrícola, promoviendo un desarrollo sostenible que beneficie tanto a las comunidades locales como al ecosistema en general. Sin embargo, para que el PSA tenga un impacto real en la Orinoquía, es fundamental establecer una colaboración sólida entre el gobierno, las comunidades y el sector privado, además de garantizar políticas de apoyo y un marco de financiamiento estable.

Esfuerzos de Modelado en Curso

La creciente demanda de herramientas para valorar servicios ecosistémicos ha llevado al uso de diversos enfoques de modelado. En el ámbito del agua, se han adaptado modelos hidrológicos existentes, como SWAT y VIC, para la valoración de servicios ecosistémicos. Aunque estos modelos se benefician de su larga trayectoria, a menudo carecen de vínculos claros con los beneficiarios y no permiten comparar diferentes servicios ni evaluar sus compensaciones (Huaroc Capcha, 2023; Salman et al., 2017).

Entre los modelos de servicios ecosistémicos, ARIES (Inteligencia Artificial para Servicios Ecosistémicos) e InVEST (Valoración Integrada de Servicios Ambientales y Compensaciones) son destacados por ser espacialmente explícitos. ARIES representa el flujo de servicios desde las fuentes hasta los usuarios, considerando la influencia de sumideros. Por su parte, InVEST permite evaluar las compensaciones entre múltiples servicios, incluidos los relacionados con el agua, y está diseñado para adaptarse a diferentes niveles de complejidad. Sin embargo, un desafío importante es cómo integrar adecuadamente el conocimiento sobre procesos hidrológicos, manteniendo la simplicidad requerida para los que toman las decisiones.(Albertini, 2013; Villamayor-Tomas et al., 2022)

Próximos pasos

En Latinoamérica y Colombia, la implementación de estos próximos pasos puede tener un impacto positivo si se adaptan a las condiciones específicas de la región.

1. **Investigación de Procesos Hidrológicos en Campo:** En Colombia y otras zonas de Latinoamérica, especialmente en áreas tropicales y cuencas urbanas, se requieren investigaciones de campo que aporten datos sobre cómo los cambios en el uso del suelo impactan los servicios ecosistémicos de agua. En las zonas tropicales, donde las condiciones hidrológicas pueden variar significativamente,

sería ideal realizar estudios que reflejen estos matices para mejorar la precisión de los modelos hidrológicos y permitir una mejor gestión de los recursos hídricos(Arias-Arévalo & Pacheco-Valdés, 2022).

2. **Aprovechamiento de Herramientas Informáticas:** Las herramientas informáticas de análisis de datos podrían utilizarse para revisar bases de datos locales y regionales, permitiendo desarrollar hipótesis específicas sobre el uso del suelo en la región. A través del análisis de datos de cuencas tropicales, por ejemplo, se podría generar información crítica sobre los efectos del cambio de cobertura vegetal en la disponibilidad y calidad del agua, mejorando la toma de decisiones en políticas públicas de conservación(Shivakumar et al., 2021).
3. **Monitoreo de Efectos de PSH:** La implementación de sistemas de PSH en Colombia y otros países de Latinoamérica debería incluir programas de monitoreo exhaustivos para verificar los impactos de la conservación del paisaje en el suministro de agua. Estos programas, guiados por hidrólogos y expertos locales, podrían ser valiosos para evaluar el cumplimiento de objetivos de conservación y generar datos necesarios para una comprensión regional de los efectos de estos programas en el ciclo hidrológico (del Mar Alonso-Almeida et al., 2015).
4. **Integración de Modelos con Herramientas de Decisión:** La integración de modelos hidrológicos con herramientas de toma de decisiones es crucial en el contexto latinoamericano. Al convertir los resultados biofísicos en valores económicos tangibles, se podrá demostrar el valor de los servicios ecosistémicos asociados al agua en la región, facilitando que se tomen decisiones informadas sobre inversión en conservación y restauración hídrica.(de Oliveira & Miranda Reis, 2020)

Conclusiones

- Los esquemas de pagos por servicios ambientales (PSA) asociados al agua representan una herramienta fundamental para la gestión y conservación de los recursos hídricos en Latinoamérica. A través de la implementación de estos esquemas, se busca incentivar prácticas sostenibles en comunidades rurales y urbanas que contribuyan a la protección de cuencas y ecosistemas, reduciendo la presión sobre los recursos naturales y promoviendo la equidad en el acceso y uso del agua. Sin embargo, la revisión muestra que existen desafíos significativos para la implementación efectiva de PSA, especialmente en entornos urbanos, donde el modelo ha sido tradicionalmente subutilizado también pudimos analizar otro gran desafío como lo es el financiamiento sostenible y monitoreo efectivo, además resaltamos que para el éxito de la implementación del PSA se necesita de una colaboración estrecha entre gobiernos, comunidades y organizaciones internacionales para superar retos de infraestructura y aplicar políticas consistentes en la región.
- .Es fundamental que las políticas de PSA se adapten a las condiciones socioeconómicas y culturales de las regiones en las que se implementan. La revisión de casos sugiere que los PSA pueden beneficiarse de una mayor inclusión de comunidades , mediante mecanismos que incentiven prácticas de conservación hídrica en sectores que tradicionalmente no han sido considerados. Asimismo, el desarrollo de esquemas de PSA debería ir acompañado de programas de educación ambiental y fortalecimiento de capacidades, tanto en las áreas rurales

como urbanas, para fomentar un cambio cultural que respalde la conservación y uso responsable del agua.

- La Orinoquía colombiana se destaca como una región clave para la conservación de ecosistemas y recursos hídricos, dadas sus amplias cuencas y biodiversidad. La implementación de mecanismos de Pago por Servicios Ambientales (PSA) representa una oportunidad viable para mitigar los efectos de la expansión agrícola y la deforestación, promoviendo un uso sostenible del agua y generando beneficios económicos para las comunidades locales comprometidas con la protección ambiental; El éxito de los PSA en la Orinoquía podría fortalecerse mediante modelos de cooperación entre el gobierno, la inversión privada y actores comunitarios, como se observa en casos exitosos en otros países latinoamericanos. No obstante, la falta de financiamiento sostenible y de infraestructura adecuada para el monitoreo representa desafíos significativos. La creación de programas permanentes de monitoreo y la consolidación de acuerdos de inversión público-privada son pasos necesarios para garantizar la sostenibilidad de los PSA y su impacto positivo a largo plazo en la región.
- La experiencia internacional en PSA demuestra la importancia de tener mecanismos de control y de financiamiento bien definidos. De la misma manera, la adaptación de modelos hidrológicos a las condiciones tropicales de la Orinoquía es esencial para evaluar de forma efectiva el impacto del PSA en los recursos hídricos y en la mitigación del cambio climático.
- Finalmente, se concluye que la implementación de PSA en Latinoamérica requiere un enfoque integral que considere tanto la conservación de los ecosistemas como el mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades participantes. Esto implica la necesidad de financiamiento estable, el desarrollo de políticas públicas específicas, y el fortalecimiento de alianzas entre el sector público, privado y comunitario. De esta forma, el PSA puede consolidarse como una estrategia viable para enfrentar los desafíos ambientales en la región, contribuyendo a la sostenibilidad de los recursos hídricos en el contexto del cambio climático y la creciente presión sobre los ecosistemas.

REFERENCIAS

Acosta, V. O., & Carolina Bohórquez, D. (n.d.). *Theoretical approach on the use of the tool for payment for ecosystem services for water resources in watersheds with native forest.*

Albertini, E. (2013). Does Environmental Management Improve Financial Performance? A Meta-Analytical Review. *Organization and Environment*, 26(4), 431–457.
<https://doi.org/10.1177/1086026613510301>

Álvarez, P. A., & Cárdenas, D. C. (n.d.). *De los Autores.*

- Arias-Arévalo, P., & Pacheco-Valdés, N. (2022). Implementation of payments for ecosystem services in the Cali river watershed, Colombia: a social-ecological systems perspective. *Revista de Economía e Sociología Rural*, 61(2). <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.256251>
- Arrais Benício, R. M., Linhares, K. V., Nobre Lisboa, M. A., Venâncio Cruz, G., Alves da Silva, L. V., da Silva Nascimento, A., Pessoa da Silva, M. A., Gomes Rocha, L. S., Drumond, M. A., Tonucci, R. G., & Calixto Júnior, J. T. (2023). Carbon stock and sequestration as a form of payment for environmental services in a sedimentary basin humid forest refuge in brazilian semiarid. *Environmental Development*, 45. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2022.100796>
- Azevedo de Melo, N., Minuzzi Delevati, D., Ben da Costa, A., & Lobo, E. A. (2021). The use of phytosociology to evaluate the efficiency of headwater preservation areas in the Andreas Stream Hydrographic Basin, RS, Brazil. In *Ecological Indicators* (Vol. 129). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107904>
- Becerra, V., Beizaga, W., & Vargas, R. (2021). Análisis de la disposición a pagar por servicios ecosistémicos: un artículo de revisión. *Semestre Económico*, 10(1), 93–104. <https://doi.org/10.26867/se.2021.v10i1.115>
- Benavides, R. A. M., Gaona, R. C., Atzori, A. S., Sánchez, L. F., & Guerrero, H. S. (2023). Application of a system dynamics model to evaluate the implementation of payment for environmental services as a reconversion mechanism in high mountain farming. *Ecological Modelling*, 484. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2023.110469>
- Bingham, L. R., Da Re, R., & Borges, J. G. (2021). Ecosystem services auctions: The last decade of research. In *Forests* (Vol. 12, Issue 5). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/f12050578>
- Carlson, K. M., Curran, L. M., Ponette-González, A. G., Ratnasari, D., Ruspita, Lisnawati, N., Purwanto, Y., Brauman, K. A., & Raymond, P. A. (2014). Influence of watershed-climate interactions on stream temperature, sediment yield, and metabolism along a land use intensity gradient in Indonesian Borneo. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 119(6), 1110–1128. <https://doi.org/10.1002/2013JG002516>
- Cerveira, R., Do Prado, N. B., & Da Cunha, C. F. (2024). Project evaluation models in payment for environmental services: a literature review. *International Journal of Scientific Management and Tourism*, 10(1), 450–477. <https://doi.org/10.55905/ijsmtv10n1-021>
- Cerveira, R., Do Prado, N. B., Tonini, G., & da Cunha, C. F. (2024). The Impact of Payments for Environmental Services in the Atlantic Forest: A Geospatial Study. *Revista de Administracao Contemporanea*, 28(3). <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2024240020.en>
- Chan, K. M. A., Anderson, E., Chapman, M., Jespersen, K., & Olmsted, P. (2017). Payments for Ecosystem Services: Rife With Problems and Potential—For Transformation Towards Sustainability. In *Ecological Economics* (Vol. 140, pp. 110–122). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.029>
- Cisneros, E., Börner, J., Pagiola, S., & Wunder, S. (2022). Impacts of conservation incentives in protected areas: The case of Bolsa Floresta, Brazil. *Journal of Environmental Economics and Management*, 111. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102572>

- Corrales Pérez, A., Quijano León, N. K., Alfonso, E., Coronado, G., & Autónoma De Yucatán, U. (n.d.). *EMPATÍA, COMUNICACIÓN ASERTIVA Y SEGUIMIENTO DE EMPATÍA, COMUNICACIÓN ASERTIVA Y SEGUIMIENTO DE NORMAS. UN PROGRAMA PARA DESARROLLAR HABILIDADES PARA LA VIDA* *Empathy, assertive communication and follow-up of rules A program to develop skills for life.*
- Cortazzo, R., Ing Agron Guillermo Scarlato Zunino, M., & Salvador Schelotto Ricardo Gorosito, A. (n.d.). *REVISIÓN ANALÍTICA DE ENFOQUES CONCEPTUALES E INSTRUMENTOS NORMATIVOS DE GESTIÓN TERRITORIAL SUSTENTABLE. Con foco en el sistema nacional de áreas protegidas del Uruguay.* <http://www.revistadiagonal.com/entrevistes/hem-de-parlar/andre->
- de Oliveira, A. F., & Miranda Reis, Y. T. (2020). Comparative study between the contingent valuation and opportunity cost methods for rural producer's payback adhered to the conservative water program of Igarapé, Minas Gerais, Brazil. In *Fronteiras* (Vol. 9, Issue 1, pp. 138–161). Centro Universitario de Anapolis. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2020v9i1.p138-161>
- del Mar Alonso-Almeida, M., Marimon, F., & Llach, J. (2015). The use of sustainability reporting in Latin America: Territorial and sectorial analysis. *Estudios Gerenciales*, 31(135), 139–149. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2015.01.002>
- Demirel, P., Iatridis, K., & Kesidou, E. (2018). The impact of regulatory complexity upon self-regulation: Evidence from the adoption and certification of environmental management systems. *Journal of Environmental Management*, 207, 80–91. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.019>
- Dialnet-BiodiversidadTerrestreDellstmoDeTehuantepecYPoliti-9356409.* (n.d.).
- Engel, S. (2016). The devil in the detail: A practical guide on designing payments for environmental services. *International Review of Environmental and Resource Economics*, 9(1–2), 131–177. <https://doi.org/10.1561/101.00000076>
- Fan, S., Zhao, C., & Zha, S. (2022). Analysis of the Impact of Policy Instruments on Payment for Grasslands Ecosystem Services (PGES) Implementation: A Case Study from Northwest China. *Sustainability (Switzerland)*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/su142113779>
- Feng, D., Wu, W., Liang, L., Li, L., & Zhao, G. (2018). Payments for watershed ecosystem services: mechanism, progress and challenges. In *Ecosystem Health and Sustainability* (Vol. 4, Issue 1, pp. 13–28). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/20964129.2018.1434318>
- Francesconi, W., Srinivasan, R., Pérez-Miñana, E., Willcock, S. P., & Quintero, M. (2016). Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to model ecosystem services: A systematic review. In *Journal of Hydrology* (Vol. 535, pp. 625–636). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.034>
- Galicia, L., Chávez-Vergara, B. M., Kolb, M., Jasso-Flores, R. I., Rodríguez-Bustos, L. A., Solís, L. E., de la Cruz, V. G., Pérez-Campuzano, E., & Villanueva, Y. A. (2018). Perspectives of the socioecological approach in the preservation, utilization and the payment of environmental services of the temperate forests of Mexico. *Madera y Bosques*, 24(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421443>
- Gao, X., Zhang, H., Huang, L., Fan, J., Liu, X., Cao, W., Liu, H., & Liu, G. (2024). Where, When, and How Much Should We Pay for Wind Erosion Prevention Services of the Largest Chinese Grassland

- Reserve? In *Environmental Science and Technology* (Vol. 58, Issue 6, pp. 2615–2626). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c03327>
- Green, A. J., & Elmberg, J. (2014). Ecosystem services provided by waterbirds. *Biological Reviews*, 89(1), 105–122. <https://doi.org/10.1111/brv.12045>
- Guswa, A. J., Brauman, K. A., Brown, C., Hamel, P., Keeler, B. L., & Sayre, S. S. (2014). Ecosystem services: Challenges and opportunities for hydrologic modeling to support decision making. *Water Resources Research*, 50(5), 4535–4544. <https://doi.org/10.1002/2014WR015497>
- Hanley, N., & White, B. (2014). Incentivizing the provision of ecosystem services. *International Review of Environmental and Resource Economics*, 7(3–4), 299–331. <https://doi.org/10.1561/101.00000064>
- Hayes, T., Grillos, T., Bremer, L. L., Murtinho, F., & Shapiro, E. (2019). Collective PES: More than the sum of individual incentives. In *Environmental Science and Policy* (Vol. 102, pp. 1–8). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.09.010>
- Huaroc Capcha, D. (2023). Gestión ambiental en América Latina 2023 - Estudio de revisión. *Revista de Climatología*, 23, 1502–1509. <https://doi.org/10.59427/rcli/2023/v23cs.1502-1509>
- info-CNPC-2018total-nal-colombia*. (n.d.).
- Ingram, J. C., Wilkie, D., Clements, T., McNab, R. B., Nelson, F., Baur, E. H., Sachedina, H. T., Peterson, D. D., & Foley, C. A. H. (2014). Evidence of Payments for Ecosystem Services as a mechanism for supporting biodiversity conservation and rural livelihoods. *Ecosystem Services*, 7, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.12.003>
- Joslin, A. (2023). Struggles for recognition justice through payments for ecosystem services contracts in Ecuador's Andes. *Geoforum*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2023.103832>
- Kemigisha, E., Babweteera, F., Mugisha, J., & Angelsen, A. (2023). Payment for environmental services to reduce deforestation: Do the positive effects last? *Ecological Economics*, 209. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107840>
- Lagos, N. M., Fernanda Gómez, L., Londoño, D. C., Moreno, I. C., & Camacho Camacho, H. (n.d.). *Metodología para la integración de sistemas de gestión: revisión de literatura * Methodology for Management System Integration: Literature Review Metodologia para integrar sistemas de gestão: revisão da literatura*. 15. <https://doi.org/10.15332/24631140>
- Li, X., Wang, Y., Yang, R., Zhang, L., Zhang, Y., Liu, Q., & Song, Z. (2022). From “blood transfusion” to “hematopoiesis”: watershed eco-compensation in China. In *Environmental Science and Pollution Research* (Vol. 29, Issue 33, pp. 49583–49597). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20876-w>
- Maca-Millán, S., Arias-Arévalo, P., & Restrepo-Plaza, L. (2021). Payment for ecosystem services and motivational crowding: Experimental insights regarding the integration of plural values via non-monetary incentives. *Ecosystem Services*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101375>

- María, Á., & Sánchez, R. (2015). *The Payment for Hydrological Environmental Services. Examining the Experiences of Costa Rica, Mexico, Ecuador and Colombia**.
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu8-15.phes>
- María, S., Kamarova, R., Cantos, J. C., & Susana, ; (n.d.). *Artículo de Revisión. Teorías, Modelos y Sistemas de Gestión de Calidad and Systems of Quality Management* (Vol. 39).
<https://www.researchgate.net/publication/331544414>
- Minaverri, C. (2016). LA VALORACIÓN AMBIENTAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS QUE BRINDA EL AGUA. UN APOORTE PARA EL DERECHO EN AMÉRICA DEL SUR. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 7(1). <https://doi.org/10.17345/1648>
- Mooney, H. A. (n.d.-a). *Panel de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio 1*.
- Mooney, H. A. (n.d.-b). *Panel de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio 1*.
- Pagiola, S., & Mundial, B. (n.d.). *Pagos por Servicios Ambientales en Latinoamérica: El Estado del Arte*.
- Paredes-Vilca, O. (2019). Payment for ecosystem services of water resources and its economic valuation. *Manglar*, 16(1), 71–79. <https://doi.org/10.17268/manglar.2019.010>
- Patricio Clavijo Cevallos Katy Vanessa Gutiérrez Toscano, M., Rodríguez, S., & El Ejido Sector San Felipe Latacunga -Ecuador, B. (n.d.). *SISTEMA DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL PARA LA CONSERVACIÓN DEL CERRO PUTZALAHUA, ECUADOR SYSTEM OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY INDICATORS FOR THE CONSERVATION OF PUTZALAHUA HILL, ECUADOR* Información del artículo.
<https://doi.org/10.512>
- Perspectivas económicas de América Latina 2020*. (2020). OECD. <https://doi.org/10.1787/f2fdced2-es>
- Prudencio, L., & Null, S. E. (2018). Stormwater management and ecosystem services: A review. In *Environmental Research Letters* (Vol. 13, Issue 3). Institute of Physics Publishing.
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa81a>
- Rath, S., Das, A., Srivastava, S. K., Kumara, T. M. K., & Sarangi, K. K. (2023). Payment for ecosystem services and its applications in India. In *Current Science* (Vol. 124, Issue 7, pp. 799–806). Indian Academy of Sciences. <https://doi.org/10.18520/cs/v124/i7/799-806>
- Rodrigues, B., Stella, G. I., li, V., Raimundo, M. R., Iii, A., Lima, V. E., & Iv, R. (n.d.). Overview of Payments for Environmental Services scientific publications in Brazil. *São Paulo*, 27, 2024.
<https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0101r2vu27L10A>
- Rodríguez, O., Vrachioli, M., & Sauer, J. (2022). Payments for environmental services and coffee production in Colombia: Technical efficiency across the world heritage status borders. *Ecological Economics*, 200. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107531>
- Saavedra Díaz, Z. M., & Perevochtchikova, M. (2017). Evaluación ambiental integrada de áreas inscritas en el programa federal de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos. Caso de estudio: Ajusco, México. *Investigaciones Geográficas*, 2017(93), 76–94. <https://doi.org/10.14350/rig.56437>
- Salgado Hernández, J. R., & Briones Valenzuela, M. A. (2023). Análisis de pago por servicios ambientales en 13 barrios, para aplicar en la microcuenca quebrada de agua en municipio de Catacamas,

- Honduras. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 251–259. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.242>
- Salman, D., Amer, S. A., & Ward, F. A. (2017). Protecting food security when facing uncertain climate: Opportunities for Afghan communities. *Journal of Hydrology*, 554, 200–215. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.09.015>
- Samii, C., Lisiecki, M., Kulkarni, P., Paler, L., Chavis, L., Snilstveit, B., Vojtkova, M., & Gallagher, E. (2014). Effects of Payment for Environmental Services (PES) on Deforestation and Poverty in Low and Middle Income Countries: A Systematic Review. *Campbell Systematic Reviews*, 10(1), 1–95. <https://doi.org/10.4073/csr.2014.11>
- Sánchez-Chaves, O., & Navarrete-Chacón, G. (2017). La experiencia de Costa Rica en el pago por servicios ambientales: 20 años de lecciones aprendidas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 195–214. <https://doi.org/10.15359/rca.51-2.11>
- Serrano Pérez, E. C., Palacios Pacheco, L. S., Reyes Martínez, H. A., & Cely Reyes, G. E. (2020). Salvapáramos Rabanal: programa de incentivos a la conservación. Sistematización de experiencias desde las ciencias sociales. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 28, 67–86. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.28.2020.4398>
- Shi, J., Huang, W., Han, H., & Xu, C. (2021). Pollution control of wastewater from the coal chemical industry in China: Environmental management policy and technical standards. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 143). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110883>
- Shivakumar, A., Alfstad, T., & Niet, T. (2021a). A clustering approach to improve spatial representation in water-energy-food models. *Environmental Research Letters*, 16(11). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac2ce9>
- Shivakumar, A., Alfstad, T., & Niet, T. (2021b). A clustering approach to improve spatial representation in water-energy-food models. *Environmental Research Letters*, 16(11). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac2ce9>
- Song, C., Liu, Y., Liu, L., Xian, C., & Wang, X. (2023). A Scientometric Analysis of Payments for Ecosystem Services Research: Mapping Global Trends and Directions. *Sustainability (Switzerland)*, 15(21). <https://doi.org/10.3390/su152115649>
- Suarez, A., Árias-Arévalo, P. A., & Martínez-Mera, E. (2018). Environmental sustainability in post-conflict countries: insights for rural Colombia. In *Environment, Development and Sustainability* (Vol. 20, Issue 3, pp. 997–1015). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-9925-9>
- Tonitto, C., Woodbury, P. B., & McLellan, E. L. (2018). Defining a best practice methodology for modeling the environmental performance of agriculture. In *Environmental Science and Policy* (Vol. 87, pp. 64–73). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.04.009>
- Tyack, N., Dempewolf, H., & Khoury, C. K. (2020). The potential of payment for ecosystem services for crop wild relative conservation. In *Plants* (Vol. 9, Issue 10, pp. 1–14). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/plants9101305>

- Urcuqui-Bustamante, A. M., Selfa, T. L., Jones, K. W., Ashcraft, C. M., Manson, R. H., & Asbjornsen, H. (2022). Learning impacts of policy games: investigating role-play simulations (RPS) for stakeholder engagement in payment for hydrological services program in Veracruz, Mexico. *Socio-Ecological Practice Research*, 4(4), 305–323. <https://doi.org/10.1007/s42532-022-00131-9>
- Villalobos, L., Robalino, J., Sandoval, C., & Alpízar, F. (2023). Local Effects of Payments for Ecosystem Services on Rural Poverty. *Environmental and Resource Economics*, 84(3), 753–774. <https://doi.org/10.1007/s10640-022-00733-7>
- Villamayor-Tomas, S., Hermann, A., van der Lingen, L., & Hayes, T. (2022). Community-based water markets and collective payment for ecosystem services: toward a theory of community-based environmental markets. In *Current Opinion in Environmental Sustainability* (Vol. 59). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101221>
- Wang, J., Wang, J., Zhang, M., Zhang, Y., Wang, J., Zhu, Q., & Li, S. (2022). The payment scheme for ecosystem services in the coastal city based on the ecosystem services value and current payment efficiency: a case study in Jimo of Qingdao city, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(32), 49179–49193. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19321-9>
- Wegner, G. I. (2016). Payments for ecosystem services (PES): a flexible, participatory, and integrated approach for improved conservation and equity outcomes. In *Environment, Development and Sustainability* (Vol. 18, Issue 3, pp. 617–644). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9673-7>
- Wiik, E., Jones, J. P. G., Pynegar, E., Bottazzi, P., Asquith, N., Gibbons, J., & Kontoleon, A. (2020). Mechanisms and impacts of an incentive-based conservation program with evidence from a randomized control trial. In *Conservation Biology* (Vol. 34, Issue 5, pp. 1076–1088). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/cobi.13508>
- Wineland, S. M., Rezapour, S., & Neeson, T. M. (2023). Small tradeoffs between social equity and conservation outcomes in a freshwater payment for ecosystem services scheme. *Ecological Applications*, 33(4). <https://doi.org/10.1002/eap.2829>
- Wittmer, H., & Berghöfer, A. (2010). *TEEB-la economía de los ecosistemas y la biodiversidad: Porque no podemos arriesgarnos a considerar la naturaleza como algo garantizado*. <https://doi.org/10.1146/an>
- Wunder, S. (2015). Revisiting the concept of payments for environmental services. *Ecological Economics*, 117, 234–243. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.08.016>
- Yu, H., Xie, W., Yang, L., Du, A., Almeida, C. M. V. B., & Wang, Y. (2020). From payments for ecosystem services to eco-compensation: Conceptual change or paradigm shift? In *Science of the Total Environment* (Vol. 700). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134627>
- Zanten, B., Verburg, P., Espinosa, M., Gomez-Y-Paloma, S., Galimberti, G., Kantelhardt, J., Kapfer, M., Lefebvre, M., Manrique, R., Piorr, A., Van Zanten, B. T., Verburg, P. H., Raggi, M., Schaller, L., Targetti, S., Zasada, I., & Viaggi, D. (2014). *European agricultural landscapes, common agricultural policy and ecosystem services: a review European agricultural landscapes, common agricultural policy and ecosystem services: a review. Agronomy for Sustainable Development European agricultural*

landscapes, common agricultural policy and ecosystem services: a review. 34(2), 309–325.
<https://doi.org/10.1007/s13593-013-0183-4>

Zhang, J., Zhu, J., Liu, Y., Lu, N., & Fang, W. (2022). The Economic Impact of Payments for Water-related Ecosystem Services on Protected Areas: a Synthetic Control Analysis. *Water Resources Management*, 36(5), 1535–1551. <https://doi.org/10.1007/s11269-022-03099-z>

Zhou, T., Shen, W., Qiu, X., Chang, H., Yang, H., & Yang, W. (2022). Impact evaluation of a payments for ecosystem services program on vegetation quantity and quality restoration in Inner Mongolia. *Journal of Environmental Management*, 303. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114113>

Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- Los autores declaran que los datos, las aplicaciones y otros contenidos subyacentes al manuscrito están referenciados.
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación, cuando corresponda, se describen en el manuscrito.
- Los autores declaran que una vez que un manuscrito es postado en el servidor SciELO Preprints, sólo puede ser retirado mediante solicitud a la Secretaría Editorial deSciELO Preprints, que publicará un aviso de retracción en su lugar.
- Los autores aceptan que el manuscrito aprobado esté disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- El autor que presenta el manuscrito declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente y en secciones específicas del manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints o publicado en una revista.
- Si el manuscrito está siendo evaluado o siendo preparando para su publicación pero aún no ha sido publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.
- El autor que envía el manuscrito declara que todos los autores del mismo están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.