



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y  
EMPRESARIALES**

**CARRERA DE ECONOMÍA**

**Metaanálisis de la valoración económica de los servicios  
ecosistémicos de secuestro de carbono y regulación de  
calidad del agua en América Latina, 2010-2023**

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de:

**ECONOMISTA**

**Autor:** Moreno Moreno, Gissela Alejandra

**Director:** Encalada Jumbo, Diana del Cisne

LOJA

AÑO 2023



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2023

## **Aprobación del director del Trabajo de Integración Curricular**

Loja, 2 de julio de 2023

Doctor

Diego Alejandro Ochoa Jiménez

**Director de la carrera de Economía**

Ciudad. -

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director del presente Trabajo de Integración Curricular denominado: Metaanálisis de la valoración económica de los servicios ecosistémicos de secuestro de carbono y regulación de calidad del agua en América Latina, 2010-2023 realizado por Gissela Alejandra Moreno Moreno ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Director: Diana del Cisne Encalada Jumbo. Mgtr

C.I.: 1103978134

Correo electrónico: dencalada1@utpl.edu.ec

### **Declaración de autoría y cesión de derechos**

Yo, Gissela Alejandra Moreno Moreno, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autor (a) del Trabajo de Integración Curricular denominado: Metaanálisis de valoración económica de los servicios ecosistémicos: secuestro de carbono y calidad del agua en América latina, 2010-2023 de la carrera de Economía, específicamente de los contenidos comprendidos en: Capítulo 1. Marco teórico y evidencia empírica, Capítulo 2. Metodología y Capítulo 3. Resultados y discusión, siendo Diana del Cisne Encalada Jumbo, directora del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual de este trabajo.

Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”, en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

.....

Autor: Gissela Alejandra Moreno Moreno

C.I.: 1104922412

Correo electrónico: [gamoreno8@utpl.edu.ec](mailto:gamoreno8@utpl.edu.ec)

### **Dedicatoria**

Este trabajo de investigación va dedicado hacia mis padres y hermanos por ser siempre mi apoyo incondicional y acompañarme en cada proceso de mi vida, ustedes hacen que mi vida se llene de color, los llevo en el alma. Mis logros son suyos.

## **Agradecimiento**

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme culminar mi carrera, otorgándome las habilidades para cumplir mis metas. A mis padres Romeo y María Eugenia, por ser el soporte en cada paso que doy. A mis hermanos Emily, Harlin y Juan Francisco, por ser mis compañeros de vida. A mis abuelitos y demás familiares por el cariño y apoyo. A todos mis amigos, por cada momento y risas compartidas. A mis docentes por el aprendizaje impartido que me dejan para el campo profesional y la vida, y en especial a la Econ. Diana Encalada, por el apoyo brindado en el transcurso de esta investigación.

## Índice de contenido

<i>Carátula</i> .....	<i>I</i>
<i>Aprobación del director del Trabajo de Integración Curricular</i> .....	<i>II</i>
<i>Declaración de autoría y cesión de derechos</i> .....	<i>III</i>
<i>Dedicatoria</i> .....	<i>V</i>
<i>Agradecimiento</i> .....	<i>VI</i>
<i>Índice de contenido</i> .....	<i>VII</i>
<i>Resumen</i> .....	<i>1</i>
<i>Abstract</i> .....	<i>2</i>
<i>Introducción</i> .....	<i>3</i>
<i>Capítulo uno</i> .....	<i>6</i>
<i>Marco teórico</i> .....	<i>6</i>
1.1    Introducción.....	<i>6</i>
1.2    Servicios ecosistémicos (SE).....	<i>6</i>
1.2.1    Regulación de la calidad del agua.....	<i>8</i>
1.2.2    Secuestro de carbono.....	<i>9</i>
1.3    Desarrollo sostenible.....	<i>10</i>
1.4    Economía Ambiental.....	<i>11</i>
1.5    Valoración económica.....	<i>12</i>
1.6    Métodos de valoración económica.....	<i>14</i>
1.6.1    Métodos directos.....	<i>15</i>
1.6.1.1    Método de valoración contingente (MVC).....	<i>15</i>
1.6.1.2    Método de experimento de elección.....	<i>15</i>
1.6.1.3    Método de ordenación contingente.....	<i>16</i>
1.6.2    Métodos indirectos.....	<i>16</i>
1.6.2.1    Método de costo de viaje (MCV).....	<i>16</i>
1.6.2.2    Método de precios hedónicos.....	<i>16</i>
1.6.2.3    Método de costos evitados.....	<i>16</i>

1.6.2.4	Método de costo de sustitución.....	17
1.6.2.5	Método de precios de mercado.....	17
1.6.2.6	Transferencia de beneficios.....	17
1.6.2.7	Método de cambios en productividad..	17
1.7	Fundamentos teóricos del metaanálisis.....	18
1.7.1	<i>Fases del metaanálisis</i> .....	18
1.7.1.1	Formulación del problema.....	19
1.7.1.2	Búsqueda bibliográfica.....	20
1.7.1.3	Evaluación y codificación de datos..	21
1.7.1.4	Análisis de datos.....	21
1.7.1.5	Publicación.....	22
1.7.2	<i>Aplicaciones del metaanálisis</i> .....	22
1.7.3	<i>Limitantes del metaanálisis</i> .....	23
1.8	Evidencia empírica.....	23
1.8.1	<i>Evidencia empírica a nivel mundial</i> .....	24
1.8.2	<i>Evidencia empírica en América Latina</i> .....	25
<b>Capítulo dos</b> .....		<b>28</b>
<b>Metodología</b> .....		<b>28</b>
2.1	Introducción.....	28
2.2	Fases del metaanálisis.....	29
2.2.1	<i>Formulación del problema</i> .....	29
2.2.2	<i>Búsqueda bibliográfica</i> .....	31
2.2.2.1	Fuentes de búsqueda de la literatura.....	32
2.2.3	<i>Evaluación y codificación de datos</i> .....	33
2.2.4	<i>Análisis de datos</i> .....	33
2.2.4.1	Forest plot o diagrama de bosque..	33
<b>Capítulo tres</b> .....		<b>35</b>
<b>Resultados</b> .....		<b>35</b>

<b>3.1</b>	<b>Resultados descriptivos.....</b>	<b>35</b>
<b>3.2</b>	<b>Metodología utilizada en los estudios recolectados.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3</b>	<b>Frecuencia de publicación en el periodo de investigación.....</b>	<b>38</b>
<b>3.4</b>	<b>Bases de datos para la recopilación de estudios .....</b>	<b>38</b>
<b>3.5</b>	<b>Estudios publicados en función del tipo de moneda y país .....</b>	<b>39</b>
<b>3.6</b>	<b>Resultados del valor económico .....</b>	<b>40</b>
<b>3.7</b>	<b>Forest plot .....</b>	<b>42</b>
	<b>3.7.1 Secuestro de carbono .....</b>	<b>42</b>
	<b>3.7.2 Regulación de la calidad del agua .....</b>	<b>45</b>
<b>3.8</b>	<b>Discusión de resultados.....</b>	<b>47</b>
	<b>Conclusiones .....</b>	<b>50</b>
	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>52</b>
	<b>Referencias.....</b>	<b>54</b>
	<b>Apéndice.....</b>	<b>63</b>
	<b>Apéndice A. Servicio de secuestro de carbono.....</b>	<b>63</b>
	<b>Apéndice B. Servicio de regulación de calidad de agua .....</b>	<b>68</b>

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b> .....	<b>31</b>
<b>Tabla 2</b> .....	<b>32</b>
<b>Tabla 3</b> .....	<b>35</b>
<b>Tabla 4</b> .....	<b>36</b>
<b>Tabla 5</b> .....	<b>37</b>
<b>Tabla 6</b> .....	<b>39</b>
<b>Tabla 7</b> .....	<b>40</b>
<b>Tabla 8</b> .....	<b>41</b>
<b>Tabla 9</b> .....	<b>42</b>

**Índice de figuras**

<b>Figura 1</b> .....	<b>7</b>
<b>Figura 2</b> .....	<b>13</b>
<b>Figura 3</b> .....	<b>15</b>
<b>Figura 4</b> .....	<b>19</b>
<b>Figura 5</b> .....	<b>28</b>
<b>Figura 6</b> .....	<b>38</b>
<b>Figura 7</b> .....	<b>43</b>
<b>Figura 8</b> .....	<b>44</b>
<b>Figura 9</b> .....	<b>46</b>
<b>Figura 10</b> .....	<b>47</b>

## Resumen

La valoración económica es una herramienta que sitúa en el contexto económico y ambiental una aproximación del valor de los ecosistemas para orientar la toma de decisiones en 1) políticas públicas, 2) asignación de recursos y prioridades, y 3) compensación por impacto ambiental. En este contexto, el objetivo del presente estudio es realizar un metaanálisis sobre los valores económicos de dos servicios ecosistémicos: secuestro de carbono y calidad de agua en América Latina, la metodología utilizada son las etapas de elaboración de un metaanálisis, a partir de este se creó una base de datos de las investigaciones realizadas en el periodo 2010-2023, codificando dicha información para analizarla en base a los objetivos específicos planteados. El principal resultado es que México posee un mayor número de investigaciones en la valoración de estos servicios, debido a sus mecanismos de regulación y conservación como PSA. Además, que el valor económico global del secuestro de carbono en función del método de valoración es de 349644.74 USD/ha/año, y de la calidad del agua de 120.65 USD/año/hogar. Por tal motivo, la utilidad de esta investigación recae en el uso de la misma para apoyar diversas iniciativas para políticas de conservación de cuencas hídricas y bosques, impulsando a los países latinoamericanos a seguir el ejemplo de Ecuador con iniciativas como fondos de agua o el caso de México, con el PSA o los mercados de carbono.

*Palabras clave:* valoración económica, metaanálisis, América Latina.

### **Abstract**

Economic valuation is a tool that places an approximation of the value of ecosystems in the economic and environmental context to guide decision-making in 1) public policies, 2) allocation of resources and priorities, and 3) compensation for environmental impact. In this context, the objective of this study is to carry out a meta-analysis on the economic values of two ecosystem services: carbon sequestration and water quality in Latin America, the methodology used is the stages of elaboration of a meta-analysis, from this it is created a database of research carried out in the period 2010-2023, coding said information to analyze it based on the specific objectives set. The main result is that Mexico has a greater number of investigations in the valuation of these services, due to its regulation and conservation mechanisms such as PSA. In addition, that the global economic value of carbon sequestration based on the valuation method is USD 349,644.74/ha/year, and water quality is USD 120.65/year/home. For this reason, the usefulness of this research lies in its use to support various initiatives for watershed and forest conservation policies, encouraging Latin American countries to follow the example of Ecuador with initiatives such as water funds or the case of Mexico, with the PSA or the carbon markets.

*Keywords:* economic valuation, metanalysis, Latin America.

## Introducción

El cambio climático global inducido por emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), dominadas por el aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> se ha convertido en un problema crítico (Begum et al., 2020; Raihan et al., 2021), es por esta razón, que los ecosistemas forestales son cada vez esenciales para combatir este problema, ya que para el año 2020, según un informe de la FAO (2022) los bosques en el mundo ocuparon una superficie de 4060 millones de hectáreas, representando el 31% de la superficie terrestre mundial. A esto se le suma que este tipo de ecosistemas prevé múltiples servicios ecosistémicos, definidos según MEA (2005) como aquellos beneficios económicos, sociales y ambientales que un ecosistema proporciona mediante los cuales se sostiene, satisface y nutre la vida de las especies.

De entre los servicios ecosistémicos principales destaca el secuestro de carbono, que se da mediante la absorción de CO<sub>2</sub> atmosférico para almacenarlo en biomasa arbórea, reduciendo la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (Brouwer et al., 2022). También los bosques ofrecen el servicio de calidad de agua, ya que actúan como un filtro natural a través de sus raíces para regular la calidad del agua garantizando el bienestar y salud de las especies y el planeta (WWF, 2020). No obstante, estos servicios ecosistémicos se encuentran infravalorados en los sistemas económicos (Raihan et al., 2021).

Es por este motivo, que diversos mecanismos como los MEA (2005) e iniciativas internacionales como los TEEB (2010) y The UK National Ecosystem han contribuido a un consenso sobre incorporar el valor de los servicios ecosistémicos, a través de la valoración económica porque constituye una herramienta para la toma de decisiones encaminadas a políticas de conservación y protección de los ecosistemas forestales (Perevochtchikova et al., 2019).

En este sentido, la investigación analiza la valoración de los dos servicios ecosistémicos en la región de Latinoamérica debido a su gran biodiversidad, ya que según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), del área total de bosques en el

mundo América Latina y el Caribe posee un 23% de esos bosques, claves para regular el clima global (Carey, 2020; CEPAL, 2021). Sin embargo, estos bosques se enfrentan a un problema como la deforestación que puede disminuir su capacidad para ofrecer los servicios ecosistémicos de secuestro de carbono y calidad de agua (Van Houtven et al., 2017). Según el informe de la CEPAL (2021) en el periodo de 1990-2020 la región perdió un total de 138 millones de hectáreas por deforestación, en este periodo, se destaca que los países con mayor pérdida de hectáreas son: Brasil con una pérdida de 92.3 millones de ha de bosque, en tanto que Bolivia perdió 7 millones, Argentina 6,6 millones, Colombia 5,8 millones y Paraguay otros 9,4 millones de hectáreas. Es por ello, que resulta fundamental conocer el valor de estos dos servicios ecosistémicos para que los gobiernos latinoamericanos puedan informarse sobre la importancia de estos servicios ecosistémicos y además tomar decisiones acertadas en la gestión de los bosques, para disminuir las tasas de deforestación en la región.

En consecuencia, la investigación responde a las preguntas: 1) ¿En qué forma se han valorado económicamente los servicios ecosistémicos de secuestro de carbono y calidad de agua en América Latina?, 2) ¿Cuál es la tendencia en el tiempo y que países han realizado un mayor número de estudios de valoración económica de estos dos servicios en América Latina?, 3) ¿Qué métodos de valoración son los más utilizados para valorar estos dos servicios ecosistémicos en América Latina?, 4) ¿Cómo se puede informar los resultados del valor económico de estos servicios en América Latina para análisis de políticas ambientales?. Las mismas que se alcanzan con los siguientes objetivos: 1) Realizar un metaanálisis de valoración económica del servicio de secuestro de carbono y calidad de agua en América Latina. 2) Identificar los países con un mayor número de estudios acerca de estos servicios y su evolución en el tiempo para América Latina, 3) Revisar los métodos de valoración económica aplicados en América del Latina para valorar estos servicios, 4) Proporcionar los resultados de los valores económicos de los servicios en América Latina a través de un forest plot.

Para cumplir con los objetivos propuestos se aplicaron los métodos cualitativo-cuantitativo, expuestos a través de un metaanálisis que permite recopilar, evaluar y sintetizar

los datos de investigación existentes sobre un fenómeno de estudio, con ello la metodología incluye tres pasos: i) crear una base de datos mediante la recopilación sistemática de artículos de los dos servicios ecosistémicos en América Latina, ii) clasificar los valores económicos reportados en los estudios, iii) realizar un forest plot para determinar los valores económicos globales de estos dos servicios ecosistémicos en la región en función de la metodología y unidad de medida.

El estudio posee la siguiente estructura, en el capítulo uno se revisa el marco teórico, donde se han planteado las teorías previas que utiliza la investigación; así como, los estudios que validan la misma. Después, en el capítulo dos se muestra la sección de metodología, donde se detalla el tipo de investigación empleada y el enfoque: diagrama de bosque. Seguidamente, el capítulo tres donde se generan los principales resultados obtenidos, además de la sección de discusión, que muestra el contraste de los resultados con los obtenidos por otros investigadores. Consecutivamente, la sección de conclusiones, que recoge la síntesis de lo obtenido en la investigación. Seguido por, la sección de bibliografía, con las referencias de las fuentes secundarias. Por último, la sección de apéndice con información adicional sobre la investigación.

## **Capítulo uno**

### **Marco teórico**

#### **1.1 Introducción**

Los ecosistemas establecen interconexiones entre los seres vivos de la tierra, por lo que estos proporcionan beneficios y servicios esenciales para la subsistencia y el bienestar (Ripka de Almeida et al., 2018). Es posible disfrutar de estos servicios ecosistémicos de manera gratuita y sin regulación, así que, al no contar con un mercado donde se regule su valor de uso, el desgaste y sobreexplotación hacia estos servicios avanza a pasos agigantados en el mundo globalizado en el que vivimos (Arauz y Marzo, 2021).

Por eso, muchos especialistas (Krutilla, 1967; Pagiola, 2002; Niesten y Rice, 2004; Champ et al., 2017) han intentado crear un mecanismo que compense estos impactos ambientales, de ahí surge la valoración económica como herramienta para medir los beneficios tangibles de los servicios ecosistémicos, así como una alternativa viable para ayudar al hacer políticas públicas a tomar decisiones sobre la conservación y preservación de estos, abordando un desarrollo sostenible según los objetivos de alcanzar en la Agenda 2030 (Pisani et al., 2021).

Con este antecedente, en el primer capítulo de la presente investigación se abordan las principales bases teóricas que sustentan la valoración de los servicios ecosistémicos. Como primer punto, se define los servicios ecosistémicos, presentando su origen y clasificación; seguido por la explicación de desarrollo sostenible; economía ambiental, que aborda sus orígenes y objetivos; también se detallan los métodos de valoración económica, y metaanálisis. Finalmente, se realiza la revisión y presentación de la evidencia empírica sobre los dos servicios ecosistémicos que son objeto de investigación de este trabajo, la regulación de calidad del agua y secuestro de carbono.

#### **1.2 Servicios ecosistémicos (SE)**

El concepto de servicios ecosistémicos a lo largo del tiempo ha abordado diversos elementos, fruto de diversas investigaciones junto al desarrollo de la sociedad (Costanza et al., 2017). Pero, para entender dicho concepto se analiza una de sus primeras definiciones,

propuesta por Costanza et al. (1997), quien señala que los servicios ecosistémicos son aquellos beneficios directos e indirectos que la sociedad obtiene de las distintas funciones de los ecosistemas. Por su parte, los Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), definen a los servicios ecosistémicos como “los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, que también afectan al bienestar humano” y los clasifica en 4 grupos, mismos que se detallan más adelante.

Es común que, en economía al referirse a bienes y servicios de los ecosistemas, los individuos no toman en cuenta el valor cultural u otro beneficio intangible (valor de uso) que estos proporcionan (Azqueta, 2007). En la Figura 1 se exponen los servicios ecosistémicos de acuerdo a la clasificación que presentan los MEA (2005):

**Figura 1**

*Clasificación de servicios ecosistémicos*



*Nota.* Adaptado de *Ecosystem Services*, de Millennium Ecosystem Assessment, 2005, [http://pdf.wri.org/ecosystems\\_human\\_wellbeing.pdf](http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf).

Estos servicios ecosistémicos se obtienen de la naturaleza, pero su abundancia y diversidad depende de los parámetros climáticos y geológicos en los que se encuentren

localizados. Como se observa en la Figura 1, estos SE clasifican en cuatro grupos: de aprovisionamiento, regulación, culturales y de apoyo. En cada división se especifica su definición, así como algunos ejemplos de estos.

El primer grupo de servicios ecosistémicos que presenta los MEA (2005) son los de aprovisionamiento, estos se los obtiene o son generados por los ecosistemas, ejemplo de ellos son: agua, alimentos, materia prima, medicina, etc. Algunos de estos servicios se comercializan en el mercado, no obstante, para familias del sector rural puede constituir su forma de subsistencia, es por ello, que el valor de estos servicios puede superar el establecido en los mercados.

En cambio, los servicios de regulación, como su nombre lo indica, se obtienen de la regulación de procesos ecosistémicos, entre ellos tenemos, polinización, secuestro de carbono, prevención de erosión, entre otros. Por lo general, se consideran invisibles, y al ser dañados las pérdidas son difíciles de recuperar (FAO, 2022).

Por su parte, los servicios culturales están asociados a la inspiración estética, patrimonio cultural, experiencia espiritual relacionada con la naturaleza, etc. Este tipo de servicio está estrechamente relacionado con los dos anteriores, en el sentido de realizar la obtención de los servicios y en el modo de vida de las personas que realizan estos procesos con el ambiente (Pascual et al., 2010).

Los servicios ecosistémicos de apoyo proporcionan espacios vitales para los seres vivos y conservar su diversidad, entre ellos está, hábitat de especies, formación de suelo, ciclo de nutrientes, entre otros (MEA, 2005).

### **1.2.1 Regulación de la calidad del agua**

La calidad del agua puede ser definida desde un punto de vista ambiental, como las condiciones que deben darse en el agua para poder mantener a los ecosistemas equilibrados y para cumplir una determinada calidad ecológica, además posee una capacidad intrínseca para responder a los usos y necesidades que los seres vivos obtienen de ella (Ministerio del Medio Ambiente, 2000).

Existe una relación fundamental a la hora de regular la calidad del agua que se da con los árboles, ya que estos presentan la capacidad de recoger la mayor cantidad de lluvia para filtrar y mejorarla a través de su estructura, alcanzando el suelo, para humedecerlo y protegerlo de la erosión, sequías e inundaciones, también esta misma agua se infiltra hacia enormes almacenes subterráneos llamados acuíferos de los cuales se puede obtener agua para la industria, agricultura, entre otros (Van Houtven et al., 2017).

Otra contribución significativa de los bosques es que disminuye los sedimentos en masas de agua y así atrapa o filtra otros contaminantes, y como menciona la OMS (2016), una buena calidad del agua ayuda a evitar brotes de enfermedades.

Este servicio ecosistémico está relacionado con un tema que se abordará más adelante como es el desarrollo sostenible, ya que como lo plantea la ONU (2015) el objetivo 6 “Agua limpia y saneamiento” contemplado dentro de los ODS plantea un cambio en las prácticas actuales para el desarrollo de nuevas soluciones que desplacen las insostenibles vías de desarrollo actuales así como a hacer posibles los objetivos de mejorar la calidad del agua, gestión de riesgos actuales y futuros y así poder preservar los ecosistemas proveedores de agua.

### **1.2.2 Secuestro de carbono**

Los procesos industrializados y la intensificación de las actividades humanas han hecho que las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera sean exorbitantes afectando la temperatura media de la Tierra. Es así, que se ha reiterado la importancia de los ecosistemas forestales para combatir y mitigar el cambio climático a través del proceso de secuestro de carbono (Raihan et al., 2021).

Este proceso se realiza a través de la fotosíntesis de las especies vegetales (árboles, arbustos, plantas, etc.) quienes almacenan este dióxido de carbono, captado en sus estructuras y participando en las etapas vitales necesarias para su desarrollo, además, al captar carbono, lo convierten en azúcar para construir madera, ramas y raíces y finalmente liberan oxígeno manteniendo el equilibrio en los ecosistemas (Norman y Kreye, 2022).

No obstante, una de las principales limitantes para la realización de este proceso es la deforestación porque los árboles pierden la capacidad de almacenar dióxido de carbono y alteran el ciclo del mismo, causando efectos negativos mayores en el cambio climático (Dilas et al., 2020).

Es en este sentido, que como menciona Mengist y Soromessa (2019) se ha tratado de impulsar herramientas y programas de secuestro de carbono en los bosques que mitiguen el cambio climático, así como resaltar la importancia de la gestión forestal y los instrumentos adecuados que garanticen su aplicación y permitan transitar hacia el desarrollo sostenible.

### **1.3 Desarrollo sostenible**

El avance y desarrollo general de la humanidad en las últimas décadas ha provocado cambios climáticos y desastres naturales cada vez más desfavorables, pero también guerras e inestabilidad política y socioeconómica. Los seres humanos han influido negativamente en el medio ambiente a través de sus acciones, poniendo en peligro el desempeño y capacidad biofísica de la Tierra (Silvestre & Țîrcă, 2019). En este contexto, es fundamental hacer uso del desarrollo sostenible, cuyo concepto está presente desde muchos años atrás, propuesta por el Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Brundtland) de la ONU en 1987, el cual menciona que para que exista un desarrollo sostenible, las personas deben orientar un comportamiento más racional y eficiente de los recursos, que permita satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras (ONU, 1987).

Además, los patrones de consumo y producción en la actualidad son insostenibles, es por ello, que la ONU a través de los 17 ODS plantea un cambio de paradigma en América Latina y el Caribe, por ser una de las regiones más desiguales en el mundo, para que a largo plazo se llegue a un camino de desarrollo sostenible e inclusivo (CEPAL, 2019).

Algunos autores, han incluido otros elementos a la definición de desarrollo sostenible. Por ejemplo, Gallopín (2003) sustenta que este concepto está encaminado hacia una idea de cambio gradual y direccional en los sistemas económicos que rigen a la sociedad, hacia una sostenibilidad en el largo plazo. Por lo tanto, lo que se debe hacer sostenible, es el proceso

de mejoramiento de la condición humana, y no necesariamente del crecimiento indefinido de consumo de energía, recursos, materiales, entre otros.

Según Sachs (2015), además del concepto normativo, el desarrollo sostenible es también una ciencia que estudia sistemas complejos, en sus palabras “implica 4 sistemas complejos en interacción entre sí. Se asocia a la *economía global*; con *interacciones sociales* relacionadas con la confianza, ética, desigualdad, entre otros aspectos, así como con las redes de apoyo comunitario; analiza los cambios en *sistemas complejos de la Tierra* como el clima y los ecosistemas; y estudia problemas de *gobernanza*, incluido el comportamiento de los gobiernos y las empresas.”

#### **1.4 Economía Ambiental**

En los últimos años se evidencia que existe una relación compleja entre la economía y el medio ambiente, ya que el ser humano, y por ende la economía, depende principalmente de los procesos de sustentación de vida que brindan los ecosistemas, razón por la que, una de las ramas económicas para analizar esta relación es la economía ambiental. Esta se encarga del estudio de la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad conllevando a la optimización en su explotación (Riera et al., 2016). Dentro de esta rama, el valor de los servicios de los ecosistemas y la biodiversidad refleja lo que la sociedad está dispuesta a negociar para conservar estos recursos naturales (Pascual et al., 2010).

Además, Labandeira et al. (2007) menciona que este concepto está ligado a principios de Microeconomía, con el objeto de aplicar los conceptos económicos a la gestión de los recursos naturales y analizar la compleja interacción de economía y medio ambiente de la cual se derivan también los problemas ambientales.

Asimismo, para referirse al nacimiento de esta rama de economía, Pearce (2002) menciona que, estos se sitúan en la década de 1950 cuando, en EEUU se estableció “Recursos para el Futuro” (cuyas siglas en inglés, Resources for the Future (RFF)) en Washington, DC. El enfoque inicial de esta organización fue acerca de la escasez de recursos naturales y el uso adecuado para su prevalencia, a cuya definición se le han ido agregando más elementos hasta la actualidad. No obstante, los fundamentos de Economía Ambiental

pueden asentarse unos años atrás, por ejemplo, se evidencia que uno de los primeros economistas que se preocupó por la biodiversidad fue John Stuart Mill (1848), quién enfocó esta preocupación desde el bienestar, de “convertir todo el capital natural en capital producido por el hombre”.

### **1.5 Valoración económica**

Siguiendo un poco de historia, la mayor parte de las técnicas de valoración no mercantil surgieron por primera vez en la década de 1950 en EEUU, utilizadas inicialmente para el análisis de coste-beneficio de proyectos de recursos hídricos como la construcción de presas, no obstante, al pasar los años estas técnicas se perfeccionaron y mejoraron aplicándolas en distintos contextos (Champ et al., 2017). A partir de ello el mismo autor define a la valoración como un medio de “valorar” el medio ambiente, pero este término puede causar confusión debido a la subjetividad de los individuos al valorar algo, ya que este valor depende de una serie de factores (Labandeira et al., 2007), como 1) percepción del individuo sobre el objeto, 2) valores que la persona tiene y las preferencias asociadas y 3) el contexto de valoración.

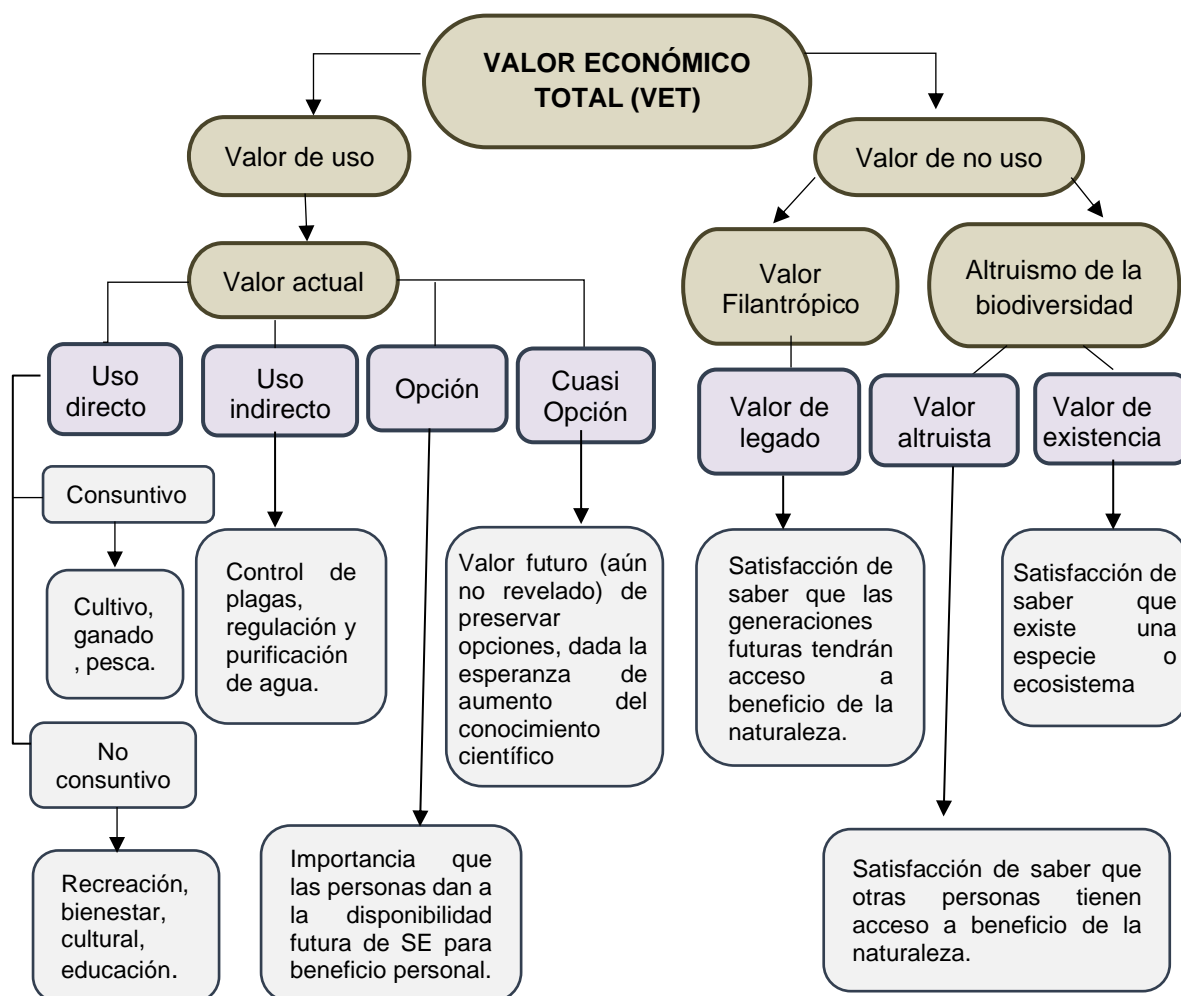
Además, es importante señalar que la valoración no de mercado trata de identificar qué y cuantos cambios le importan al individuo respecto algún bien o servicio; y que este valor puede ser asignado mediante una escala determinada. Existen un sinnúmero de escalas y medios de expresar estos valores, uno de ellos es el enfoque económico (Champ et al., 2017).

En teoría económica, se define generalmente al valor en términos de compensaciones que los individuos están dispuestos a renunciar para obtener algún cambio que se está valorando, suponiendo que para la reducción en la cantidad de algún bien o servicio, existe un aumento en la cantidad de otro bien o servicio que dejaría al individuo en el mismo nivel de bienestar (utilidad) que antes, esta definición puede ser analizada en distintos contextos como el del medio ambiente (Champ et al., 2017). La valoración económica también es definida por Azqueta (2007) como una herramienta económica utilizada para asignar valores monetarios a los beneficios proporcionados por los bienes y servicios ecosistémicos que, por lo general, no presentan precio de mercado. Esta valoración

se da bajo criterios de racionalidad y soberanía del consumidor, es decir, que se incluye no solo los beneficios que los individuos obtienen mediante el uso del SE (valor de uso), sino también el valor que otorgan al bien, aunque no se lo utilice (valor de no uso) (Champ et al., 2017). En la Figura 2 se presenta la clasificación del valor económico total que contempla el valor de uso y no uso.

**Figura 2**

*Clasificación del Valor Económico Total*



*Nota. Adaptado de Value types within the TEV approach, de TEEB, 2010, [https://www.researchgate.net/publication/303444184\\_The\\_Economics\\_of\\_Valuing\\_Ecosystem\\_Services\\_and\\_Biodiversity](https://www.researchgate.net/publication/303444184_The_Economics_of_Valuing_Ecosystem_Services_and_Biodiversity).*

De acuerdo con los Millennium Ecosystem Assessment (2005), el *valor de uso* se refiere al valor de los servicios ecosistémicos utilizados por los seres humanos con fines de consumo o producción. Incluye servicios ecosistémicos tangibles e intangibles que se utilizan

actualmente o que tienen el potencial de proporcionar valores de uso futuros, el valor de uso se divide en directo e indirecto.

El *valor de uso directo* engloba aquellos bienes que pueden ser producidos, extraídos y disfrutados del ambiente, por ejemplo, en los bosques este valor puede provenir de la madera, cosecha de frutos, flores, entre otros. Por otro lado, el valor de uso *indirecto* procede de los servicios que el medioambiente provee, como los humedales, los mismos que permiten controlar las crecidas, inundaciones de ríos, entre otros (TEBB, 2010).

El *valor de no uso*, en cambio, son aquellos valores que no involucran usos directos o indirectos del servicio del ecosistema en cuestión, reflejan la satisfacción que los individuos derivan del conocimiento de la biodiversidad, y del hecho que otras personas tienen o tendrán acceso a ellos, se divide en valor de legado, altruista y de existencia (MEA, 2005).

El *valor de legado* se deriva de una alta prioridad otorgada a la preservación de un servicio ambiental para las generaciones futuras; el valor *altruista* refleja los beneficios de la generación actual sobre los bienes y servicios ambientales. El valor de *existencia* consiste en asignar al conocimiento sobre un bien ambiental, aunque no se lo use (TEBB 2010). No obstante, estos valores implican mayores desafíos porque están relacionados con propiedades morales, religiosas o estéticas, para las cuales los mercados generalmente no existen.

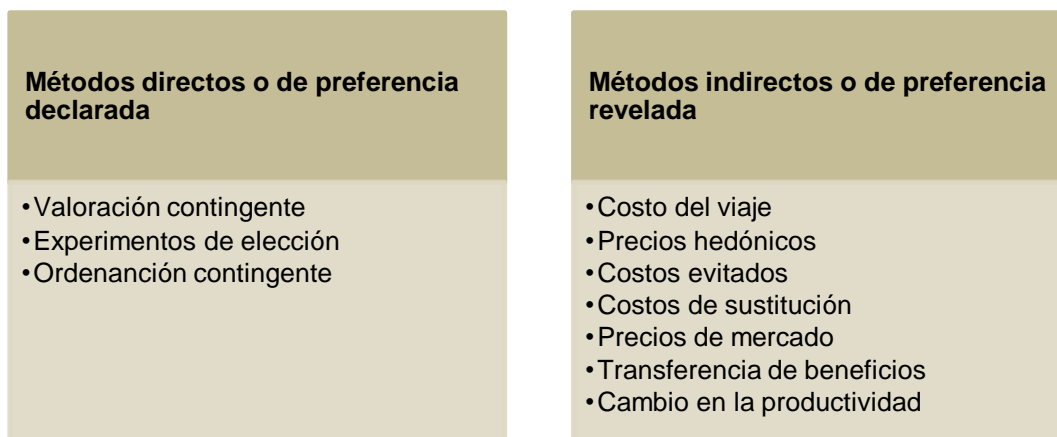
## **1.6 Métodos de valoración económica**

En el marco de la economía ambiental, se han desarrollado diversos métodos para valorar los bienes y servicios ecosistémicos, los cuáles buscan estimar los valores económicos que las personas asignan a bienes y servicios que no se comercializan en los mercados. De acuerdo a Champ et al. (2017) estos métodos se clasifican en 2 grandes grupos: directos e indirectos. Por un lado, los métodos directos o de preferencias declaradas, estiman valores a partir de encuestas realizadas a personas relacionadas con sus preferencias e infiriendo valores de sus respuestas declaradas. Por otro lado, los métodos indirectos o de preferencia revelada estiman valores al observar el comportamiento de las personas asociado de alguna forma con un bien o servicio ecosistémico, para después inferir

valores indirectamente de ese comportamiento (TEEB, 2010; Riera et al., 2016). La división de estos métodos se presenta en la Figura 3.

**Figura 3**

*Métodos de valoración económica*



*Nota.* Adaptado de Champ et al. (2017)

### 1.6.1 **Métodos directos**

**1.6.1.1 Método de valoración contingente (MVC).** Para este método se supone un mercado hipotético, haciendo uso de una encuesta con preguntas que ayuden a determinar la disponibilidad a pagar por un bien o servicio ecosistémico (Labandera et al., 2007).

A partir de ello y dependiendo a la finalidad de la valoración se puede obtener el bienestar dependiendo del cambio, esto implica un beneficio o perjuicio para el individuo. Además, una característica de este método es que permite estimar el valor de uso y no uso del servicio valorado (Salinas et al., 2021).

**1.6.1.2 Método de experimento de elección.** Este método es similar al MVC, ya que se presenta a las personas diferentes opciones acerca de la calidad o política ambiental, donde se describe el precio, a modo que el sujeto elija entre estas (Labandera et al., 2007). De igual forma que el método anterior se construye un mercado hipotético, donde se muestran las opciones que son integradas a distintos niveles, que pueden incluir además del precio una opción de exclusión (Riera et al., 2016).

**1.6.1.3 Método de ordenación contingente.** Este método consiste en presentar al encuestado las opciones o alternativas, para que este las ordene según sus preferencias. Además, se debe tener en cuenta que las distintas opciones o alternativas que componen el cuestionario deben incluir el coste asociado a cada una de ellas (Mogas Amorós y Riera, 2011).

## **1.6.2 Métodos indirectos**

**1.6.2.1 Método de costo de viaje (MCV).** El MCV es utilizado para determinar el valor económico de algún bien o servicio ecosistémico que reporte para el individuo belleza escénica o sea usado en actividades recreativas, con la finalidad de determinar los precios y cantidades demandadas. Asimismo, este método emplea valores de los costos al momento de visitar un área ambiental que experimenta el individuo para encontrar los beneficios que obtiene, y reportando la disponibilidad que el individuo realmente paga por la visita y el precio que se cobra (Roldán, 2021).

**1.6.2.2 Método de precios hedónicos.** A través de este método se puede estimar el valor implícito de un bien o servicio ecosistémico que directamente afecta los precios de bienes de mercado, y además presenta características idénticas al bien o servicio que se está valorando. De esta manera, se puede descomponer el precio de dicho bien valorado en función de sus características y atributos que reporten utilidad (Sarmiento, 2004).

**1.6.2.3 Método de costos evitados.** Es utilizado para cuantificar los valores correspondientes a los cambios en la calidad de algún bien o servicio ecosistémico que resulten costes en los que se incurra para evitar este cambio o incluso la pérdida de los bienes y servicios, causados por la contaminación medioambiental. Además, una característica de este método es que estima los beneficios por los daños evitados y relaciona los precios de algún bien que se relacione directa o indirectamente (Pisani et al., 2021).

**1.6.2.4 Método de costo de sustitución.** Este método como su nombre lo indica, busca determinar alternativas o mecanismos para sustituir algunos bienes o servicios ambientales que desempeñan funciones económicas y ambientales sin precio en el mercado y cuyos valores se han perdido o deteriorado. Con la finalidad de reemplazar las funciones que antes proporcionaban estos recursos (Salinas et al., 2021).

**1.6.2.5 Método de precios de mercado.** A través de este método se puede valorar económicamente aquellos bienes y servicios ambientales que se demandan y ofertan en el mercado, basándose en comparaciones a los cambios en calidad, cantidad y precio del bien o servicio valorado. La característica que presenta este método es que se obtiene las preferencias reales de los consumidores.

**1.6.2.6 Transferencia de beneficios.** Este método es una forma indirecta de encontrar el valor de un bien o servicio basándose en el valor existente o conocido de otro bien (Mogas Amorós y Riera, 2011).

Este mismo se divide en dos enfoques, transferencia de valor y transferencia de funciones. El primero hace referencia a la transferencia de uno o varios números que estimen el valor, obtenidos de estudios realizados anteriormente, en cambio la transferencia de funciones consigue los datos a través de funciones estimadas en los estudios previos, no obstante, requiere de mayor esfuerzo por los datos adicionales (Salinas et al., 2021).

**1.6.2.7 Método de cambios en productividad.** A través de este método se estima el valor de uso indirecto de un bien o servicio ecosistémico, mediante la contribución de estos a las actividades de mercado, es decir, es útil para determinar el valor del atributo ambiental que el bien o servicio ecosistémico proporciona a una actividad económica existente. La característica de este método es que se basa en la función de producción, donde el insumo del proceso es el bien o servicio ambiental y un cambio en estos implicarán un cambio en la producción del bien de mercado, afectando indirectamente al bienestar (Pisani et al., 2021).

Autores como Pascual et al. (2010) incluyen otra clasificación a los métodos de valoración económica, este es el *enfoque de valoración directa del mercado*, cuya subdivisión es:

- a) Enfoques basados en precio de mercado
- b) Enfoques basados en costos
- c) Enfoques basados en funciones de producción.

En este enfoque se utilizan datos de mercados reales y, por lo tanto, los mismos reflejan las preferencias o los costos reales que significan los bienes o servicios ecosistémicos para las personas.

## **1.7 Fundamentos teóricos del metaanálisis**

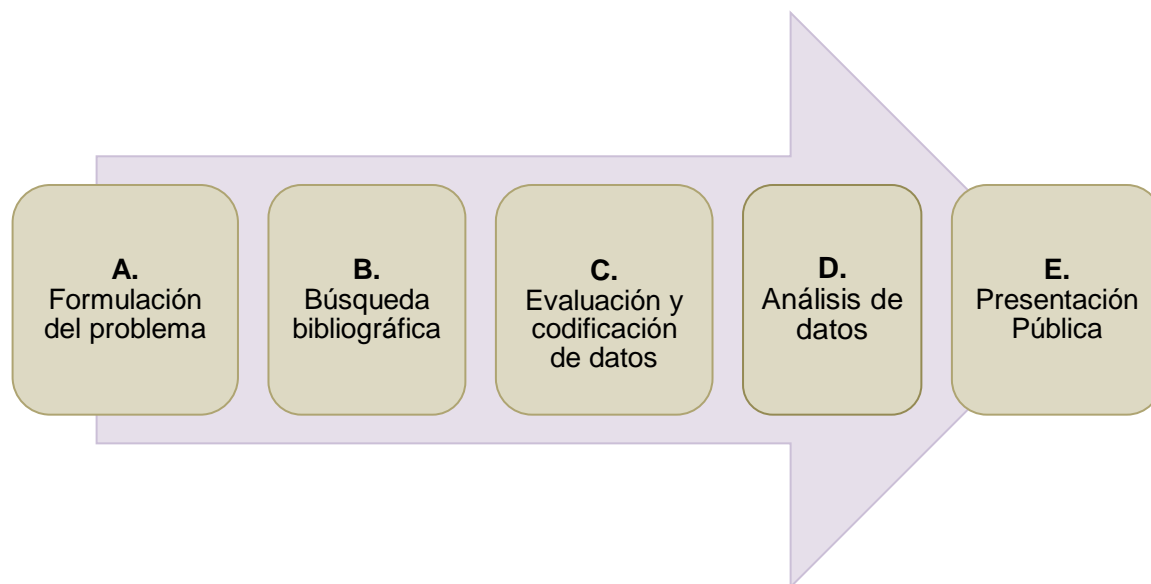
El metaanálisis fue utilizado por primera vez por Glass (1976) en su investigación de los usos de la psicoterapia, al sentirse motivado por acuñar este término para resumir los resultados y características de un gran número de estudios empíricos dispares sobre un tema en particular (Becker y Thompson, 2023). Por su parte Sánchez Meca (2010) definen al metaanálisis como un tipo de investigación científico, objetivo y riguroso, que tiene como fin determinar la discusión de un área particular mediante la búsqueda e integración objetiva y sistemática de los resultados de la investigación empírica sobre un problema de investigación específico. (Sánchez Meca, 2010).

### **1.7.1 Fases del metaanálisis**

Para este apartado algunos autores coinciden en que las fases del metaanálisis son parecidos y equivalencias con las de otros tipos de investigación, y que pueden asumirse flexiblemente al investigar un tema en particular. La clasificación de estas fases se detalla:

**Figura 4**

*Fases para la elaboración de un metaanálisis*



*Nota.* Adaptado de (Snyder, 2019; Becker y Thompson, 2023).

**1.7.1.1 Formulación del problema.** En esta fase, se debe especificar claramente o plantear el problema que se pretende investigar. Para ello, la pregunta de investigación debe comprender los conceptos y factores externos claros para no tener sesgos a futuro, una opción clave es basarse en una teoría relevante, un marco práctico o una revisión de alcance (permite identificar el número de estudios y las posibles lagunas de conocimiento en el tema de investigación) (Becker y Thompson, 2023). Además, a partir de esta información se puede reducir o ampliar el alcance de la revisión y el grado en que se pueda generalizar las conclusiones y objetivos (Sánchez Meca, 2010).

También se puede utilizar un marco general para formular el problema como el marco UTOS (Unidades, Tratamientos, Resultados y Entornos) de Cronbach (1982), para especificar esto limitar los ámbitos a los que se pueda aplicar las inferencias del metaanálisis.

#### *Normas de inclusión y exclusión*

La siguiente fase, una vez planteado el problema es desarrollar los criterios de inclusión y exclusión, ya que ayudan a definir los límites de la búsqueda y las generalizaciones posteriores. Para establecer estos criterios Becker y Thompson (2023) mencionan que deben

tomarse en cuenta las características de los individuos, de intervención, métodos utilizados, tamaño muestral, límites en las fechas de publicación, todas ellas garantizan la confiabilidad de los estudios recopilados.

Para Botella y Zamora (2017), a esta búsqueda también se le suma el criterio de la base de datos científica a utilizar misma que debe otorgar mayor credibilidad al trabajo, para esta búsqueda se debe basar en los siguientes aspectos, de acuerdo al objetivo del metaanálisis:

- a) Características de los estudios: tipo de diseño, intervención, descripción de la muestra, entre otros, para permitir valorar el grado de homogeneidad de los estudios.
- b) Calidad metodológica.
- c) Resultados de los estudios: medidas del efecto observada, indicadores de variabilidad y nivel de significancia estadística.

En este apartado, también las revisiones de alcance ayudan a planificar los criterios y detalles del metaanálisis.

**1.7.1.2 Búsqueda bibliográfica.** Al tener un problema de investigación planteado, se procede a realizar una búsqueda exhaustiva, imparcial y reproducible de documentos en base de datos científicas como Google Scholar, PubMed, Scopus, ScienceDirect, entre otros, un consejo clave es que con los términos de búsqueda se puede identificar las palabras clave para una búsqueda más eficaz y pertinente.

Tras terminar la búsqueda, se examinará en títulos, resúmenes o textos completos la idoneidad de la información, para no perder tiempo en extraer información que no cumpla con los criterios de inclusión y exclusión. También y depende al criterio del investigador se puede realizar un seguimiento del porqué de los estudios eliminados para la creación de un diagrama de flujo de Elementos de Información Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis (PRISMA, por sus siglas en inglés) u otros softwares existentes (Page et al., 2021).

**1.7.1.3 Evaluación y codificación de datos.** Incluye la extracción y evaluación de los datos, donde con un equipo de expertos, se puede calcular los tamaños del efecto representando los resultados de los estudios y codificando características de los mismos, estas últimas representan las variables que pueden relacionarse de un estudio a otro. Existen diversas técnicas para calcular el tamaño del efecto, Becker y Thompson (2023) mencionan los más comunes, donde se puede analizar (1) la incertidumbre de cada estudio y (2) medidas del ajuste del modelo.

Por otro lado, las características de interés se deben codificar como posibles variables explicativas de las diferencias entre estudios, para comprobar que estas pueden afectar a los resultados finales. Una forma de clasificar esta codificación es siguiendo el esquema de Page et al. (2021) que sugiere:

- i) Variables de tratamiento.
- ii) Variables de participante.
- iii) Características de contexto.
- iv) Características metodológicas.
- v) Características extrínsecas al proceso científico.

**1.7.1.4 Análisis de datos.** Para esta sección se puede evaluar el tamaño medio del efecto de interés y el grado en que los tamaños varían entre los estudios recopilados, para generalizar los objetivos del metaanálisis. Los gráficos explican la naturaleza de los resultados obtenidos.

Becker y Thompson (2023) presentan una base acerca de la notación y gráficos que los meta analistas pueden utilizar:

#### *Notación*

El tamaño del efecto de interés es presentado como  $T_i$ , para  $i = 1$  a  $k$  estudios independientes; cada  $T_i$  estima un parámetro  $\theta_i$ . El modelo de efecto fijo más simple para un tamaño de efecto dentro del estudio  $i$  es:

$$T_i = \theta_i + e_i \quad (1)$$

En la ecuación (1),  $e_i$  refleja la varianza muestral resultante de la muestra específica de los estudios  $i$ . Para los índices de magnitud del efecto, se trata a  $e_i$  como aproximadamente normales en muestras grandes y  $\theta$  es un tamaño de efecto común que comparten las poblaciones.

### *Gráfico*

En esta investigación se hará uso de este tipo de análisis para los datos, ya que al realizar un metaanálisis se utiliza mayormente los diagramas de bosque que permiten representar intervalos de confianza (IC)  $100(1-\alpha) \%$ . Además, este gráfico proporciona información sobre la tendencia central y una idea de la variación de los tamaños de los efectos con el error de muestreo. Cada efecto de estudio se marca con un recuadro inversamente proporcional al tamaño del estudio.

**1.7.1.5 Publicación.** La última fase consiste en publicar la investigación realizada, considerando las secciones que debe incluir: introducción, método, resultados, discusión y conclusiones.

### **1.7.2 Aplicaciones del metaanálisis**

En la actualidad el uso del metaanálisis es muy importante, porque se clasifica como un tipo de revisión sistemática que cuenta con un alto nivel de rigor científico, y también su uso se ha ampliado a diversos campos de investigación como psicología, educación, medicina, ingeniería, biogenética, entre otros, además algunas características que le otorgan validez científica son (Havránek et al., 2020):

- Mayor generalización de los resultados en comparación con estudios individuales, porque la muestra no proviene de la misma población.
- Aumento de potencia estadística y precisión en la estimación del tamaño de efecto.
- Permite valorar discrepancias entre resultados de estudios diferentes.
- La ejecución de un metaanálisis es menos costosa en términos logísticos

### 1.7.3 Limitantes del metaanálisis

Botella y Zamora (2017) destaca dos debilidades a la hora de realizar un metaanálisis:

**Problema de heterogeneidad.** - Hace referencia a que los estudios recopilados presentan cierto grado de diferenciación ya sea en aspectos metodológicos como las características de los individuos, el tiempo, la localización geográfica, entre otros. Y también en aspectos estadísticos como la variabilidad entre resultados de estudios. Este problema puede ser detectado mediante el uso de diversos estadísticos y gráficos, el más común es I-cuadrado ( $I^2$ ) y diagrama de bosque respectivamente. El primero se reporta en porcentaje, valores superiores al 30% indican un grado progresivo de heterogeneidad misma que se confirma superando el 50% (Escrig Sos et al., 2021).

**Sesgo de publicación.** Este problema surge de la selección de estudios según los hallazgos de la investigación, donde se recoge información estadísticamente significativa y se excluye estudios con resultados de escasa magnitud (por lo que no suelen publicarse). Es por ello, que los investigadores para aminorar este sesgo deben hacer una búsqueda adicional minuciosa con el objetivo de localizar estudios no publicados que sean valiosos para el metaanálisis (Escrig Sos et al., 2021). Este problema también se puede detectar con estadísticos y gráficos, los más conocidos son el diagrama de embudo y asimetría de efectos (Becker y Thompson, 2023).

A estas debilidades se le suma la subjetividad del investigador, quienes pueden realizar una inadecuada aplicación ya sea en las fases que comprende el metaanálisis o bien la presentación y discusión de resultados, por ello es fundamental definir con claridad los límites de la operación de esta metodología (Escrig Sos et al., 2021).

## 1.8 Evidencia empírica

Actualmente el uso de metaanálisis se ha incrementado en diversos campos, y se ha constituido en una de las metodologías más empleadas para recolectar información acerca de un problema en específico. En esta sección se presentan algunos metaanálisis relacionados con el tema de estudio.

### **1.8.1 Evidencia empírica a nivel mundial**

Van Houtven et al. (2017) proporcionaron una evaluación de literatura sobre el valor económico de las mejoras en la calidad del agua superficial en EEUU, mediante un metaanálisis aplicaron un análisis de meta regresión donde recolectaron un total de 58 estudios con 131 estimaciones de disposición a pagar, de esta manera obtuvieron como resultado que las personas están dispuestas a pagar 60 USD/año, por un cambio en la mejora de calidad de agua, por ello la disposición varía respecto algunos factores: ingreso familiar, magnitud del cambio en el agua, etc. Además, mencionan que pocos estudios se pudieron combinar significativamente debido a la heterogeneidad del servicio valorado en estudios originales.

En el trabajo de Guignet et al. (2019) con su estudio proporcionó información acerca la literatura sobre el valor de la propiedad hedónica que examina la calidad del agua y calcula sistemáticamente estimaciones de elasticidad comparables dentro y entre estudios en EEUU, mediante un metaanálisis recolectó 36 estudios y aplicó un modelo de meta regresión, obteniendo que los valores económicos varían en función del método de valoración, los niveles de ingresos de las familias y la ubicación geográfica.

Mengist y Soromessa (2019) proporcionaron en su investigación una visión general de las tendencias de investigación de servicios forestales y el respectivo enfoque metodológico a nivel mundial entre 2005 y 2018. Utilizaron un metaanálisis para seleccionar 41 estudios sobre mapeo, valoración y cuantificación de los servicios forestales de la base de datos Scopus y ScienceDirect, obteniendo que la mayoría de estudios publicados en el periodo de análisis se centran en los siguientes servicios: aprovisionamiento: de madera y agua (46.3%), secuestro de carbono (65.9%) y control de la erosión (34,1%) a partir de la regulación de SE; recreación (46,3%) y turismo, educación e investigación (14,6%) de los servicios ecosistémicos culturales y conservación del suelo (22%). Además, los estudios seleccionados en su mayoría se realizaron en Asia y Europa.

Por otro lado, Raihan et al. (2021) efectuaron un metaanálisis para estimar el valor económico del carbono forestal por hectárea en 30 países (Asia, América, Europa, África y Oceanía) entre 1990-2021, a través de un metaanálisis, específicamente el de efectos aleatorios, con ello concluyeron que la estimación global del valor económico del carbono forestal varía de acuerdo al tipo de bosque, condiciones, factores climáticos, entre otros, y cuyo valor oscila alrededor de \$2005 por hectárea al año (USD/ha/año). Deduciendo que los bosques de América del Sur tienen el máximo valor (2854 USD/ha/año), es por ello que las políticas de conservación y manejo sobre este recurso deben ser analizadas con mayor riguridad.

Roldán et al. (2021) realizaron un metaanálisis de la mejora de la calidad de agua potable utilizando estudios de 30 países desarrollados y en desarrollo, recopilando un total de 30 estudios, obtuvieron que los países en desarrollo muestran una mayor disposición a pagar que los países desarrollados debido a sus ingresos, la disposición a pagar en cuanto al sistema de agua potable, entre otros y a la huella hídrica que tiene mayor impacto en los segundos, lograron estandarizar estos valores (PPA) a dólares estadounidenses internacionales de 2011.

Del mismo modo Kang et al. (2022) realizó un metaanálisis para explorar el papel de SE, métodos de valoración y desarrollo económico en China. La metodología usada: (i) crear base de datos mediante recopilación sistemática, (ii) definición de variables y (iii) modelos de regresión y métodos de valoración, obteniendo como resultado que el ecosistema del desierto tuvo un valor significativamente más bajo (1476 yuanes/ha/año) que el ecosistema cultivado; y de los 11 tipos de SE, la regulación de los flujos de agua tuvo el valor más alto, que fue 5887 yuanes/ha/año.

### **1.8.2 Evidencia empírica en América Latina**

En el trabajo de Brander et al. (2013) estimaron una transferencia de valor para la valoración económica de los SE proporcionados por humedales en paisajes agrícolas, los servicios considerados son: control de inundaciones, suministro de agua y calidad del

agua para EEUU, Europa y países en desarrollo, se lo realizó a través de un metaanálisis, obteniendo como resultado que los servicios de regulación de calidad del agua reportan un valor de 5788 USD/ha/año, y que la región de Sudamérica reporta un valor total de los servicios de regulación de 2429 (USD/año/ millones).

Augusto et al. (2014) realizaron un metaanálisis a través de transferencia de beneficios para estimar el valor monetario de los servicios ecosistémicos(SE) de los Andes Colombianos, la metodología está en función de 2 aproximaciones: 1)transferencia de valores medios, 2) transferencia de funciones de meta-regresión, evidenciando una aproximación al valor económico de algunos de los SE de entre USD\$106 a USD\$339 mil millones de dólares del 2011 (método de transferencia de valores medios: USD \$105.775´974.313,69 dólares, método por transferencia de funciones: USD\$338.937´632.975,54 dólares). Un dato importante es que el valor de la disponibilidad del agua es de USD \$76'501.474,83.

En México, Lara-Pulido et al. (2018) analizaron y recopilaron en forma sistemática los valores económicos de bienes y servicios ecosistémicos que brinda este país, mediante la metodología del metaanálisis combinada con un modelo econométrico para comparar los valores de los diferentes servicios, analizaron 106 estudios y un total de 352 observaciones. Los autores obtuvieron que los valores que reportaron los servicios de regulación fueron los más altos en comparación con los de aprovisionamiento y culturales; que los humedales son más valiosos que los sistemas cultivados y los bosques; y que destacan el impacto de estos estudios en la toma de decisiones públicas.

Brouwer et al. (2022) realizaron un metaanálisis para evaluar el valor económico de los servicios ecosistémicos de la Amazonía brasileña, cuyos servicios proporcionados son la provisión de hábitat para especies, secuestro de carbono, regulación hídrica, recreación y ecoturismo, la metodología empleada está basada en una revisión de literatura y un modelo de meta regresión, obteniendo que el valor promedio para los SE es de unos 411 USD/ha/año, además mencionan que dentro de estos servicios la

secuestro de carbono presenta un valor de 333.3 USD/ha/año y el servicio de ciclo del agua tiene un valor de 150.8 USD/ha/año. Finalmente, el método de valoración más utilizado es el de valoración contingente con una valoración de 627.5 USD/ha/año.

En Ecuador, se encontró un trabajo que aborde específicamente la valoración económica de SE mediante un metaanálisis como lo reporta Chamba Tandazo (2022), identificó y analizó evidencia disponible sobre valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos entre 1991-2021, aplicando las fases del metaanálisis determinó 115 valores económicos de 56 estudios, además los servicios de provisión representan el 35.65% del total de los valores encontrados, donde el agua es el que más veces se ha valorado, presentando un valor mínimo de 13647.52 USD/año resultantes de las diversas metodologías aplicadas y un máximo de 32 000 000USD/año. A partir del forest plot obtuvo valores económicos globales de los servicios: provisión de agua (3,13 USD/hogar/mes), regulación de los flujos de agua (3,62 USD/hogar/mes).

## Capítulo dos

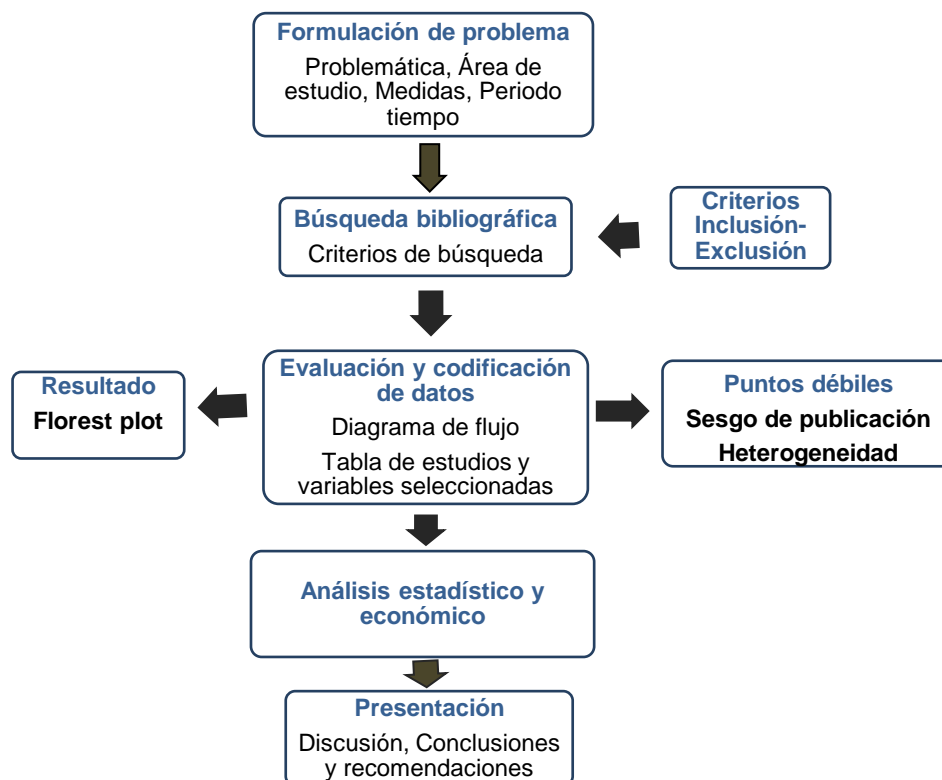
### Metodología

#### 2.1 Introducción

En este capítulo se establecen las características metodológicas de la investigación, en este caso se utilizó la investigación científica cuantitativa, específicamente el metaanálisis porque se utilizó técnicas estadísticas para proporcionar una síntesis cuantitativa de la evidencia acumulada (Botella y Zamora, 2017) sobre los servicios, secuestro de carbono y regulación de calidad de agua de los ecosistemas que proporciona América Latina, proporcionando un análisis de heterogeneidad de los estudios recopilados, así como recomendaciones de política pública encaminadas a la protección y conservación de estos servicios. En este sentido, se siguió la metodología del metaanálisis que detalla Becker y Thompson (2023):

**Figura 5**

*Etapas de un metaanálisis*



*Nota.* Adaptado de Escrig Sos et al. (2021)

## **2.2 Fases del metaanálisis**

### **2.2.1 Formulación del problema**

Los servicios ecosistémicos (SE) son principalmente recursos naturales que son vitales para los medios de vida y respaldan nuestra economía para el bienestar de la sociedad (Başkent, 2021). En economía existe una rama denominada “economía ambiental”, que estudia estas interacciones, a través de los métodos de valoración económica, con el objetivo de asignar un valor aquellos bienes o servicios que no cuenten con un precio en el mercado, de esta manera, ayuda a ser visible los valores de la naturaleza (Azqueta, 2007).

Al no contar con un mercado, el valor de estos servicios es pobremente entendido, ocasionando que estos se infravaloren por personas y gobiernos, realizando decisiones subjetivas en base a su uso, conservación o restauración, e incluso el valor de estos servicios llega a ser omitido en la toma de decisiones públicas (FAO, 2022).

Actualmente, las preocupaciones sobre la sostenibilidad de la calidad de agua y las condiciones climáticas extremas (cambio climático) han surgido como cuestiones desafiantes que influyen en la sostenibilidad de los recursos naturales del planeta, y sus ecosistemas (Başkent, 2021). Pues el cambio climático provoca no solo un deterioro en la calidad de vida, bienestar de los seres vivos sino en la sostenibilidad del planeta (Banco Mundial, 2022). Por ello, los bosques son esenciales para combatir este problema, y proteger las cuencas hídricas, a través de dos servicios ecosistémicos que prevé como son el secuestro de carbono y la calidad del agua (Roldán et al., 2021).

Ante esta problemática se han incrementado las investigaciones sobre cómo proteger estos servicios ecosistémicos, mediante herramientas como la valoración económica y soluciones basadas en la naturaleza (Sbn) (Arauz y Marzo, 2021). Dentro de estas últimas se encuentra el secuestro y almacenamiento de carbono en entornos naturales tales como bosques, humedales, turberas, marismas y lechos marinos.

En este sentido, abordando el contexto de la investigación dos de las consecuencias visibles del cambio climático para América Latina son la deforestación de bosques y la

escasez y mala calidad del agua. Un estudio de CEPAL (2021) en la región 7 de cada 10 personas no cuentan con un sistema de agua potable y de buena calidad, además que la deforestación agrava el problema alterando la regulación del ciclo del agua e impide que la misma cumpla con los ODS respectivos debido a la distribución desigual del recurso hídrico dentro de la misma región.

A todo esto se le suma la intensificada deforestación a una de las selvas más importantes para la región y el mundo como es la Amazonía que, según las estadísticas del Instituto Brasileño de Investigaciones Espaciales (INPE), ascendieron de 7500 km<sup>2</sup> en 2018 a 13038 km<sup>2</sup>, este último dato representa un 18% del total de la Amazonía deforestada, esta actividad de deforestación se intensificó bajo el gobierno de Jair Bolsonaro con la política de desarrollar áreas para la agricultura y minería en la selva (Deutsche, 2022).

Al deteriorarse estos ecosistemas forestales, se está afectando el ciclo de especies en la naturaleza, así como su preservación, porque la biodiversidad en la selva amazónica desempeña un rol fundamental en los sistemas mundiales, influyendo en el ciclo mundial del carbono, así como los sistemas hidrológicos hemisféricos, que son un pilar para el clima en Sudamérica (Banco Mundial, 2019).

En este sentido, el objetivo del presente trabajo es realizar un metaanálisis en América Latina sobre la valoración económica de dos servicios ecosistémicos: secuestro de carbono y regulación de la calidad del agua, en el periodo 2010-2023. Así, la comprensión de los valores de estos servicios proporcionará un punto de referencia para demostrar la importancia de preservar los mismos debido a su papel vital en la regulación del clima mundial fundamental para el suministro de agua para la agricultura y el consumo humano, y combatir el cambio climático, disminuyendo las tasas de deforestación en la región así como aportar información para la toma de decisiones para la gestión de bosques e inclusive para compensaciones por impactos ambientales.

#### *Normas de inclusión*

Para la selección de estudios en el metaanálisis se consideró los siguientes criterios a estudios que:

- a) Se encuentren ubicados en la región latinoamericana
- b) Se publicaron entre los años 2010 al 2023
- c) Utilicen los métodos de valoración económicos directos e indirectos descritos anteriormente
- d) Valoren los dos servicios ecosistémicos de secuestro de carbono o calidad de agua, o al menos uno de ellos.
- e) Se publiquen en el idioma inglés o español
- f) Artículos científicos que sean accesibles (acceso abierto) en la base de datos.

Las palabras clave predefinidas existen en su totalidad o al menos en el título, las palabras clave o el resumen del trabajo.

### **2.2.2 Búsqueda bibliográfica**

Para la recopilación de los estudios de valoración económica de los servicios ecosistémicos: secuestro de carbono y calidad de agua, se procedió a realizar una búsqueda sistemática en estudios, artículos de revistas científicas, informes no gubernamentales, tesis y capítulo de libro en “América Latina”. En la Tabla 1 se sintetizan las características de los documentos a revisar.

**Tabla 1**

*Características de la matriz de búsqueda*

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Título del documento	Título relacionado a la pregunta de investigación
Autor/es	Personas que elaboraron el documento
Tipo de documento	Artículo científico, informes no gubernamentales, tesis maestría y posgrado
Año de publicación	Año en que se publicó el documento
Servicio valorado	Servicio ecosistémico según la clasificación TEEB (2010).
País	País donde se realizó el estudio
Método de valoración económica	Método que se utilizó para valorar el servicio ecosistémico.

**2.2.2.1 Fuentes de búsqueda de la literatura.** Se procedió a indagar en bases de datos científicas, con las palabras clave tanto en inglés y español, mismas que están detalladas en la Tabla 2. A la par se usó la siguiente sintaxis: TITLE-ABS-KEY como motor de búsqueda adicional en combinaciones de las palabras clave para obtener resultados de búsqueda más precisos.

**Tabla 2**

*Búsqueda bibliográfica*

Base de datos	Palabras clave	Palabras conectadas	Tiempo
Google Académico	“Valoración económica”	• ("valoración económica") AND ("secuestro de carbono" OR "secuestro de carbono" OR "almacenamiento de carbono") AND ("México")	2010-2023
ScienceDirect	“Servicios ecosistémicos”		
Scopus	“Valor del ecosistema”	• ("valoración económica") AND ("regulación de calidad de agua" OR "flujo de agua" OR "suministro de agua") AND ("México") AND ("Brasil") AND ("Colombia")	
PubMed	“Métodos de valoración económica”		
ResearchGate	“Secuestro de Carbono”		
TEEB	“Secuestro de carbono”		
Taylor & Francis	“Regulación cantidad de agua”		
Redalyc	“Regulación Calidad de agua”		
Scielo	“valoración contingente”		
	“precios hedónicos”		
	“costo de viaje”		
	“precios de mercado”		
	“experimentos de elección”		
	“ordenación contingente”		
	“Ecuador, Colombia, Argentina, Bolivia, Chile, Paraguay, Venezuela, Brasil, Perú, Surinam, Guyana, Uruguay, Guyana Francesa, México, Nicaragua, Costa Rica, El Salvador, Panamá”.		

La búsqueda se realizó en estas diversas bases de datos reconocidas internacionalmente para recopilar información relevante de las publicaciones, así mismo se seleccionó realizar la búsqueda a partir de 2010 porque en este año hubo una importante

discusión sobre cómo realizar la valoración económica de diferentes proyectos y acciones, uno de ellos es la Guía Práctica sobre Evaluación Económica, publicada por el Instituto Vasco de Evaluación e Investigación Educativa (OCDE, 2017).

### **2.2.3 Evaluación y codificación de datos**

La selección de estudios implicó la selección de la literatura seleccionada para identificar artículos relevantes para el presente trabajo. En primera instancia, se seleccionó los estudios mediante criterios de inclusión y evaluación de la calidad.

En segundo, se siguió el método descrito por Snyder (2019), donde los documentos integrados se revisaron por etapas, es decir, se leyó primero los resúmenes para hacer una selección primaria, y después completar la lectura del artículo para la selección final, tomando en cuenta los criterios de inclusión. Finalmente, se clasificará a través de una matriz (ver Apéndice A y B), los estudios encontrados de acuerdo a diversas características (método de valoración, país, idioma, valor económico, unidad de medida, entre otros) con el fin de facilitar el tratamiento y análisis de la información.

### **2.2.4 Análisis de datos**

**2.2.4.1 Forest plot o diagrama de bosque.** Esta herramienta se usa frecuentemente para presentar y analizar los resultados de un metaanálisis (MA), es un gráfico que expone las estimaciones puntuales, los intervalos de confianza y el tamaño del efecto individual y el tamaño del efecto estimado global aportados por los estudios integrados en el MA. Asimismo, se puede determinar la heterogeneidad ( $I^2$ ) existente entre los estudios y el peso que tiene cada uno respecto al total ( $I^2$ ) que representan en conjunto. En el forest plot los estudios pueden ser representados por un cuadrado o círculo donde su área es proporcional al peso de importancia del estudio respecto al resultado global, además, este cuadrado está dentro de los extremos de su intervalo de confianza (Becker y Thompson, 2023).

Los tamaños del efecto hacen referencia a los valores económicos obtenidos del bien o servicio ecosistémico por unidad de medida reportados en cada estudio. Es decir, estos tamaños son el promedio ponderado de los tamaños del efecto específico de cada

estudio, con mayores pesos para una investigación más precisa (Raihan et al., 2021). Para determinar el tamaño del efecto (TE) se pueden aplicar dos modelos matemáticos, el de efectos fijos o el de efectos aleatorios, de acuerdo a la necesidad de la misma (Snyder, 2019).

Por lo general, la gráfica de diagrama de bosque presenta los siguientes componentes (Snyder, 2019):

- i) Muestra una lista de los estudios con el año y a autores respectivos.
- ii) Frente a cada estudio se encuentran unos recuadros (cuadrado o círculo) que miden el TE, atravesados por unas líneas que representan los intervalos de confianza
- iii) También se muestran los valores que representan lo expuesto gráficamente, es decir, el tamaño del efecto y el intervalo de confianza (IC)

la última columna, mide el peso que tiene cada estudio y, que es similar a lo obtenido en los recuadros.

## Capítulo tres

### Resultados

#### 3.1 Resultados descriptivos

Siguiendo los pasos detallados en la metodología, propuesta por Becker y Thompson (2023), en este apartado se presentan los estudios recopilados que cumplieron con los criterios de inclusión del metaanálisis. De la revisión bibliográfica de estudios de valoración económica en América Latina de los servicios ecosistémicos: secuestro de carbono y regulación de la calidad del agua, se recolectaron 36 y 29 estudios respectivamente.

La búsqueda inició el 1 febrero de 2023 y finalizó el 1 de mayo de 2023, se utilizaron las palabras claves y el proceso de búsqueda detallados en la Tabla 3. Los estudios seleccionados se presentan según la base de datos, el tipo de documento, el valor económico, método de valoración, zona de estudio, entre otros (ver Apéndice A y B).

La Tabla 3 presenta la distribución de los estudios encontrados por país, sobre valoración del servicio ecosistémico de secuestro de carbono y regulación de la calidad del agua.

**Tabla 3**

*Número de estudios con respecto a los dos servicios de estudio*

País	Nro. estudios		Porcentaje de estudios	
	Secuestro de carbono	Calidad agua	Secuestro de carbono	Calidad agua
<b>Argentina</b>	2	0	5,6%	0,0%
<b>Brasil</b>	2	5	5,6%	17,2%
<b>Chile</b>	1	2	2,8%	6,9%
<b>Colombia</b>	3	1	8,3%	3,4%
<b>Ecuador</b>	7	4	19,4%	13,8%
<b>El Salvador</b>	0	1	0,0%	3,4%
<b>México</b>	7	12	19,4%	41,4%
<b>Paraguay</b>	1	0	2,8%	0,0%
<b>Perú</b>	11	3	30,6%	10,3%

<b>Venezuela</b>	2	1	5,6%	3,4%
<b>TOTAL</b>	36	29	100%	100%

Perú es el país donde se han encontrado más estudios sobre valoración económica del servicio ecosistémico de secuestro de carbono con el 30.6% del total de estudios recolectados, seguido de México con el 19.4%. Con respecto, al servicio de regulación de calidad de agua, México es el país que lidera estas investigaciones con el 41.4%, el segundo país que más valoraciones ha realizado es Brasil con 17.2%.

La Tabla 4 expone que el mayor número de estudios recolectados fue en el idioma español, tanto para el servicio ecosistémico de secuestro de carbono como para el de calidad del agua (41 estudios). México cuenta con el mayor número de publicaciones en inglés (9 estudios) y Perú en el idioma español (14).

**Tabla 4**

*Número de estudios con respecto a los dos servicios de estudio*

	<b>Secuestro de carbono</b>		<b>Calidad del agua</b>	
	<b>Inglés</b>	<b>Español</b>	<b>Inglés</b>	<b>Español</b>
Argentina		2		
Brasil	2		5	
Chile	1		1	1
Colombia	1	2		1
Ecuador	1	6	3	1
El Salvador			1	
México	3	4	6	6
Paraguay		1		
Perú		11		3
Venezuela		2		1
<b>TOTAL</b>	8	28	16	13

### 3.2 Metodología utilizada en los estudios recolectados

Sobre los métodos de valoración empleados en los estudios identificados, la Tabla 5 resume su aplicación en función de los servicios ecosistémicos.

**Tabla 5***Métodos de valoración económica aplicados*

<b>Métodos de valoración económica</b>	<b>Secuestro de carbono</b>	<b>Calidad de agua</b>
<b>Métodos directos</b>	<b>3</b>	<b>22</b>
Valoración contingente	2	17
Experimentos de elección	1	5
<b>Métodos indirectos</b>	<b>33</b>	<b>7</b>
Cambios en la productividad	0	1
Costo de oportunidad	2	0
Costo de viaje	0	0
Costo de reemplazo	0	1
Costo evitado	3	1
Precio de mercado	23	1
Productividad marginal	0	1
Transferencia de beneficios	5	2
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>29</b>

Respecto al servicio de secuestro de carbono, los métodos de valoración más utilizados son los indirectos o de preferencia revelada, de entre ellos se destaca el precio de mercado con 23 estudios recopilados. Estos métodos se utilizan con mayor frecuencia porque son menos costosos y emplean menos tiempo (Pascual et al., 2010) y los valores dependen de mercados reales por lo que son fácilmente aplicables (Ripka de Almeida et al., 2018).

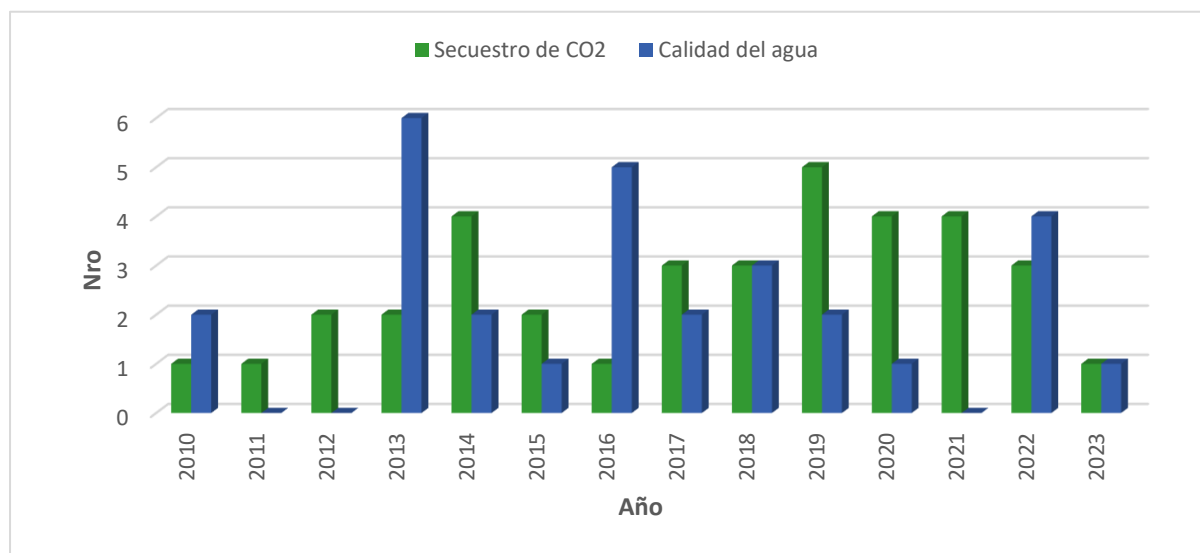
Por otra parte, para el servicio de calidad de agua los métodos más utilizados son los directos, entre ellos se destaca el de valoración contingente con 17 estudios. Este método presenta un amplio campo de aplicación y puede ser usado para descubrir, no sólo la disposición a pagar (DAP) o a aceptar (DAA), cuando no hay mercado para este servicio, sino también la compensación exigida ante determinadas situaciones que alteren su percepción sobre el bien valorado (Ripka de Almeida et al., 2018).

### 3.3 Frecuencia de publicación en el periodo de investigación

La evolución del número de investigaciones de los servicios ecosistémicos en cuestión, desde el año 2010 hasta el 2023, se exponen en la Figura 6.

**Figura 6**

*Estudios publicados en el período de análisis*



No se observa una tendencia clara sobre el incremento o decremento de los estudios sobre la valoración económica de los servicios ecosistémicos de secuestro de carbono y calidad de agua. Sin embargo, se puede destacar que el SE de regulación de calidad de agua presenta en los años 2013 y 2016 el mayor número de estudios publicados, 6 y 5 respectivamente. Mientras que, el servicio de secuestro de carbono presentó un mayor número de estudios publicados en 2019, 2020 y 2021.

### 3.4 Bases de datos para la recopilación de estudios

Las bases de datos presentadas en la Tabla 6 fueron seleccionadas por su rigor científico, número de estudios y/o artículos publicados, revisión por pares: revistas científicas, libros, entre otros (Perevochtchikova et al., 2019).

**Tabla 6**

*Número de estudios recolectados según la base de datos y tipo de estudio.*

	Secuestro de carbono			Calidad del agua				TOTAL
	Artículo científico	Tesis	Informe NG	Artículo científico	Tesis	Informe NG	Capítulo de libro	
Google Académico	7	7	2	4	2	1		23
Redalyc	2			5				7
ResearchGate	1		1	1				3
Scielo	4			3				7
ScienceDirect	2			7				9
Scopus	5			4				9
Springer	2						1	3
Taylor y Francis	2			1				3
TEEB			1					1
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>25</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>65</b>

La Tabla 6 muestra los tipos de estudios identificados por servicio ecosistémico: artículo científico, capítulo de libro, tesis de grado y posgrado e informe no gubernamental, respecto a las bases de datos científicas. De los 65 estudios, la mayoría fueron artículos (50). Para el servicio de secuestro de carbono se recopilaron 7 y 5 estudios de las bases de datos Google Académico y Scopus, respectivamente, en el caso del servicio de calidad del agua, se encontraron 7 y 5 estudios de las bases científicas ScienceDirect y Redalyc.

### **3.5 Estudios publicados en función del tipo de moneda y país**

**Tabla 7**

Número de estudios recolectados según el tipo de moneda

	Secuestro de carbono					Calidad de agua				
	Dólar	COP	MXN	BRL	Soles	Dólar	CLP	MXN	BRL	Soles
Argentina	2									
Brasil	1			1		2			3	
Chile	1					1	1			
Colombia	2	1				1				
Ecuador	7					4				
El Salvador						1				
México	4		3			10		2		
Paraguay	1									
Perú	8				3	1				2
Venezuela	2					1				
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

Nota, COP: pesos colombianos

MXN: pesos mexicanos

BRL: real brasileño

CLP: pesos chilenos

NG: no gubernamental

La Tabla 7 muestra que la mayoría de los estudios recolectados en América Latina para la valoración económica de los servicios de secuestro de carbono y calidad de agua reportaron sus valores económicos en dólares. Para los estudios con distinto tipo de moneda al dólar se los transformó a USD, con el tipo de cambio que se describía en los estudios, para su análisis conjunto a través de un forest plot.

### 3.6 Resultados del valor económico

Los valores económicos se ajustaron en un solo tipo de moneda (USD), para el servicio de secuestro de carbono se estandarizaron los valores de los estudios a una sola medida (USD/ha/año), mientras que el servicio de calidad de agua se presenta en tres medidas (USD/año/hogar, USD/ha/año y USD/m<sup>3</sup>) respecto a las características que presentaron los estudios. La Tabla 8 presenta los valores económicos mínimos, promedios y máximos del servicio de secuestro de carbono

**Tabla 8**

Valores mínimos, medios y máximos del servicio ecosistémico secuestro de carbono por valor unitario y por país

País	Secuestro de carbono		
	USD/ha/año		
	Min	Media	Max
Argentina	45.43	100.54	155.64
Brasil	106.25	116.04	125.82
Chile	127.11		
Colombia	23.73	141.27	258.80
Ecuador	59.22	130.09	198.58
México	84.88	160.17	270
Paraguay	146.97		
Perú	18.24	119.92	327.65
Venezuela	59.86	73.24	86.62

En el servicio de secuestro de carbono, Perú presenta un valor unitario medio de 119.92, el valor mínimo de 18.24 USD/ha/año, y un máximo de 327.65 USD/ha/año, estos valores pueden ser el resultado de utilizar distintas metodologías (Kang et al., 2022), como la valoración contingente y costos evitados. Además, de valorar distintas especies entre los estudios, como *Polylepis* (Cuellar y Talaverano, 2018), *Escallonia resinosa* y *Polylepis incana* (Aragón y Martínez, 2022).

Por otra parte, México presenta el valor unitario promedio más alto de la región, esto podría deberse a las grandes áreas naturales con alto potencial para el secuestro de carbono que posee el país, además, a la implementación de proyectos de carbono para la reducción de emisiones o secuestro de carbono (Agraz et al., 2020). Chile y Paraguay presentan un solo valor económico ya que solo se pudo identificar un estudio de cada país.

En cuanto al servicio de regulación de la calidad del agua, en la Tabla 10, se observa que México presenta un valor medio de 137.61, un valor mínimo de 12.16 USD/año/hogar, y un máximo de 517.16 USD/año/hogar, el valor medio es uno de los más altos en América

Latina. En los estudios realizados en este país las personas tuvieron una mayor disposición de pago por mejoras en este servicio, debido a problemas en la gestión de recursos hídricos (Sandoval et al. 2016), relacionados principalmente con la escasez de agua, la contaminación y conflictos por la asignación del agua. Chile reportó el valor medio más bajo.

Por su parte, El Salvador presenta un estudio medido en USD/m<sup>3</sup>, cuyo valor es de 512.96. Mientras que, otros estudios identificados en Brasil y México fueron valorados en USD/ha/año. El detalle de estos valores puede revisarse en el Apéndice B.

**Tabla 9**

*Valores mínimos, medios y máximos del servicio ecosistémico calidad del agua por valor unitario y país*

País	Calidad de agua							
	USD/año/hogar			USD/año/ha			USD/m <sup>3</sup>	
	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Max
Brasil	61.84	126.93	150	61.84	179.58	297.31		
Chile	35.37	37.13	38.88					
Colombia	201.19							
Ecuador	14.88	72.24	159					
El Salvador							512.96	
México	12.16	137.61	517.16	135.68				
Perú	28.58	54.19	81.12					
Venezuela	77.38							

### 3.7 Forest plot

#### 3.7.1 Secuestro de carbono

Una vez homogeneizadas las unidades de medida de este servicio ecosistémico, se realizaron varias estimaciones iniciales del forest plot, para su posterior análisis, en las cuales, 5 estudios presentaron valores muy distantes de los valores del resto de estudios. Dada la distorsión que presentaban se decidió no incluirlos en el análisis general.

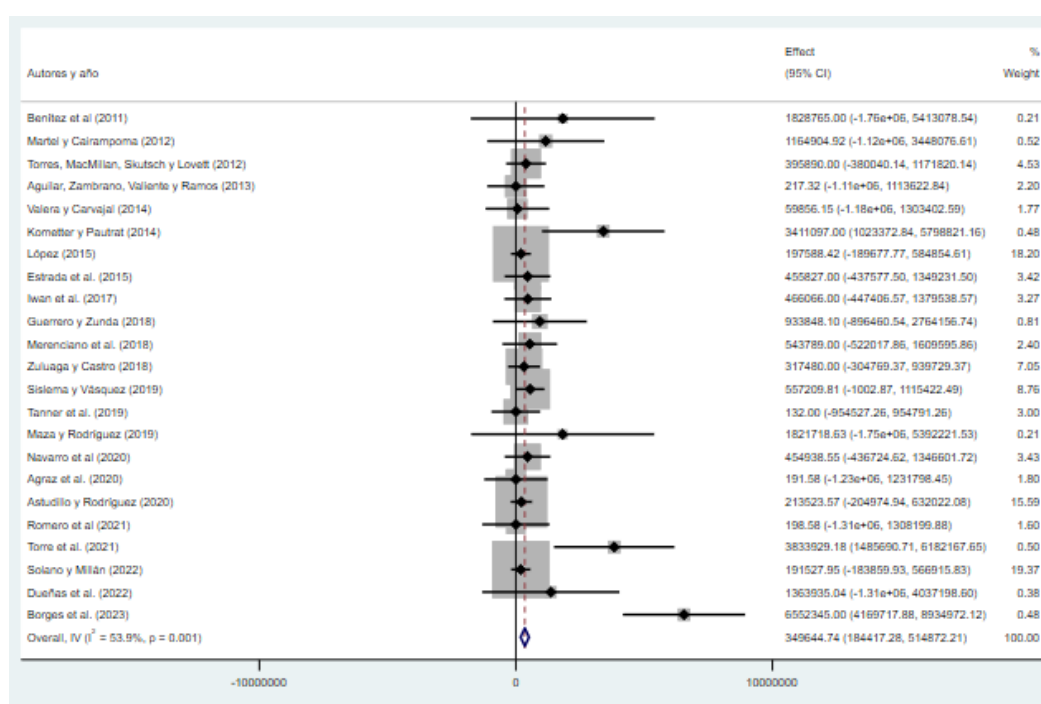
Los 31 estudios restantes fueron clasificados por el método de valoración económica, ya que para una mejor estimación de los resultados era necesario realizar

un forest plot por método utilizado. El precio de mercado fue el método de mayor aplicación (23 estudios), seguido del método de transferencia de beneficios (5 estudios), luego valoración contingente (1 estudio) y costo evitado (2 estudios).

La figura 7 muestra el forest plot con los estudios que utilizaron la metodología de precio de mercado.

**Figura 7**

*Forest plot del valor económico de secuestro de carbono por USD/año/ha en función del precio de mercado*



En la Figura 7, se representa en la columna izquierda los estudios con el primer autor, así como el año de publicación, el rombo azul del diagrama es el resultado de la media promediada del efecto para el valor económico del secuestro de carbono en América Latina de los estudios individuales, y las líneas que atraviesan las figuras son los intervalos de confianza.

Además, se observa que la estimación global del metaanálisis revela un valor económico global de 349644.74 USD/año/ha, con un rango en el intervalo de confianza de 184417.28 a 514872.21 USD/año/ha. Los estudios que tuvieron un mayor peso son el de Solano y Milán (2022) y López (2015) con 19.37% y 18.2% respectivamente,

mientras que los estudios de Benítez et al. (2011) y Maza (2019) tuvieron el peso más bajo en el metaanálisis, así mismos las líneas de estos dos últimos estudios, que muestran el intervalo de confianza son grandes al atravesar la figura, lo que explica Escrig Sos et al. (2021) que presenten un peso mucho menor.

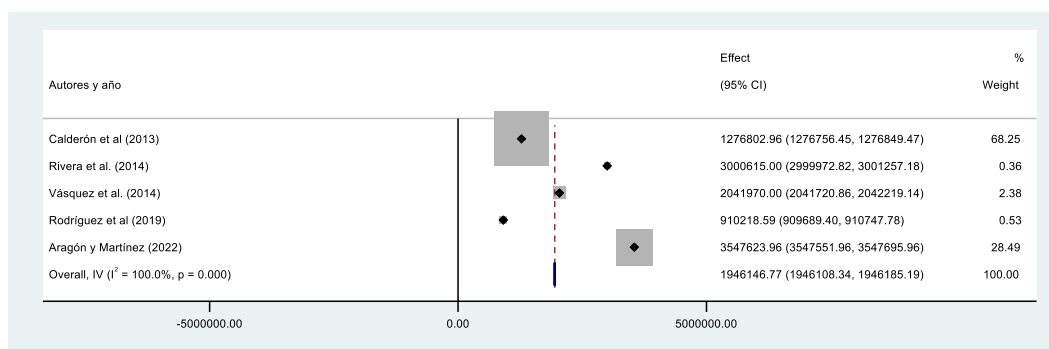
La heterogeneidad en este diagrama, medido a través del estadístico  $I^2$ , es del 53.9%, esto significa que existe una heterogeneidad moderada entre los valores económicos que reportan los estudios. El valor p es estadísticamente significativo.

Los valores que reporta este metaanálisis revelan el gran potencial que los países de Latinoamérica tienen para mitigar el cambio climático a través de los servicios ecosistémicos de secuestro de carbono que generan sus bosques (Raihan et al., 2021).

La figura 8 presenta el forest plot de los estudios clasificados en función del método de transferencia de beneficios. El nivel de heterogeneidad es del 100%, dado que se trata de una muestra pequeña y también podría deberse a la complejidad y variabilidad de los ecosistemas evaluados (Cortés et al., 2019). Esta heterogeneidad puede ser explicada por lo que menciona Calderón et al. (2013) que al utilizar el método de transferencia de beneficios y extrapolar valores de un lugar a otro se analiza condiciones ambientales y sociales que en muchos estudios no se reflejan en su totalidad con el valor reportado.

### Figura 8

*Forest plot del valor económico de secuestro de carbono por USD/año/ha en función del método transferencia de beneficios*



Por otra parte, los estudios que presentan un mayor peso en el metaanálisis son Calderón et al., 2013 y Aragón y Martínez (2022) con 68.25% y 28.49% respectivamente. Y el valor de  $p=0.00$  muestra que los resultados son estadísticamente significativos.

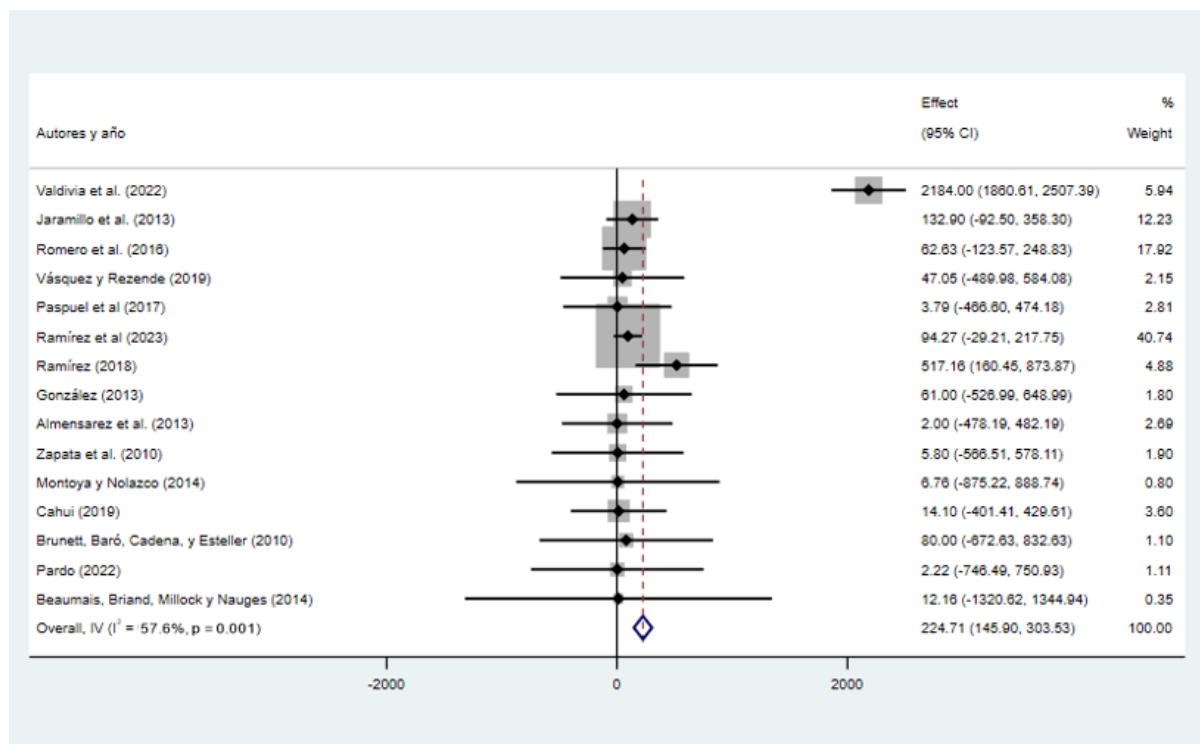
### **3.7.2 Regulación de la calidad del agua**

Para este servicio ecosistémico, las medidas de los valores económicos se estandarizaron en USD/hogar/año, USD/ha/año y USD/m<sup>3</sup>. Las unidades de medida USD/ha y USD/m<sup>3</sup> cuentan con un número muy reducido de estudios, 3 y 1 respectivamente, por lo que para este servicio se realizó un forest plot solo con la unidad de medida USD/hogar/año en función de los métodos de valoración más utilizados.

En la Figura 9 se elaboró un forest plot de los estudios medidos en USD/año/hogar en función del método de valoración contingente. La figura 9, que incluye 17 estudios, presenta una estimación global de valoración del servicio de calidad del agua de 224.71 USD/año/hogar. Los estudios que representan un mayor peso son los de Ramírez et al., (2023) y Romero et al., (2016) con un porcentaje de 40.74 y 17.92 respectivamente. Asimismo, el estadístico de heterogeneidad es del 57.6%, constatando que la homogeneidad del método de valoración hace que los estudios sean más comparables.

**Figura 9**

Forest plot del valor económico del servicio de calidad del agua por USD/año/hogar en función de valoración contingente

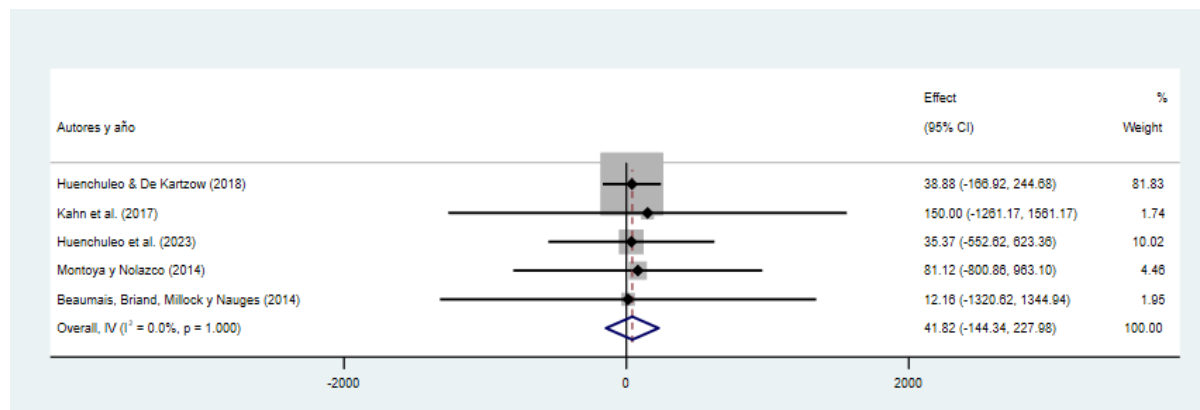


Se evidencia que el método de valoración contingente reporta un valor económico global más alto, ya que estos valores incluyen valores de uso y no uso, además del empleo e importancia de este servicio ecosistémico en la región (Brouwer et al., 2022).

También se realizó un diagrama de bosque en función de la metodología de experimentos de elección, que incluyó 5 estudios (ver Figura 10). Para este caso, la estimación global del servicio de calidad de agua es de 41.82 USD/año hogar, con nula heterogeneidad y ninguna significancia estadística.

**Figura 10**

*Forest plot del valor económico del servicio calidad del agua por USD/año/hogar en función de la metodología experimentos de elección.*



### 3.8 Discusión de resultados

Más allá de cumplir los objetivos planteados en este trabajo, se obtuvieron resultados importantes. En este metaanálisis, la ubicación de la mayor parte de los estudios recopilados se encontró en México (29.2%), Perú (21.5%), Ecuador (16.9%) y Brasil (10.8%), asimismo, los métodos de valoración más utilizados fueron precio de mercado para el servicio ecosistémico secuestro de carbono y valoración contingente para el servicio de calidad de agua.

Los factores que indican en que México lidere las investigaciones sobre servicios ecosistémicos en la región, podrían estar relacionados con las políticas de regulación y conservación de los recursos naturales que ha implementado del país, mediante las cuales se promueve el pago por servicios ambientales a través de compensaciones a los propietarios de tierras forestales y cuencas hídricas para preservar y restaurar los servicios ecosistémicos. Por otra parte, algunos programas como el Fondo Mexicano del Carbono, Iniciativa de Gestión Comunitaria de Carbono, Programa Nacional Hídrico, Ley de Aguas Nacionales, entre otros, impulsan la realización estudios de valoración económica ambiental como estrategia para la generación de políticas públicas que garanticen la protección de estos servicios en el país (Lara-Pullido et al., 2017).

La frecuencia de publicación de los estudios en el periodo de análisis no muestra una tendencia clara, al respecto, Guignet et al. (2019) también señala que no existe una tendencia definida sobre la frecuencia de los estudios de valoración de la calidad de agua en EEUU. Particularmente, en los últimos años no ha habido un importante incremento de este tipo de publicaciones en la región, esto puede resultar de la costosa y compleja aplicación de los métodos de valoración económica y el escaso acceso a los datos para valorar adecuadamente los servicios (Chaikumbung et al., 2016). Costanza et al. (2017) añade que la escasa aplicación de la valoración económica se debe a que no se reconoce la importancia que este tipo de estudios tiene para la adecuada aplicación de políticas de gestión y conservación de recursos.

Aspectos como el área geográfica y las diferentes especies consideradas en los estudios de secuestro de carbono influyen en la heterogeneidad de su valor económico (Kang et al., 2022). Al respecto, el valor económico del SE de secuestro de carbono determinado en el estudio de Márquez y Cubas (2016) para Perú es el más alto entre los estudios de este metaanálisis (USD 159 269). De acuerdo con Raihan et al (2021), en un metaanálisis realizado a nivel global sobre secuestro de carbono, Perú posee el valor económico más alto por hectárea y, por lo tanto, presenta una mayor capacidad de reducciones de CO<sub>2</sub>.

De este modo, el valor económico global para el servicio secuestro de carbono en función del método de precio de mercado es de 349644.74 USD/año/ha, mientras que para Jerath (2012) el valor estimado para este servicio en Florida, EEUU por el mismo método es de 50000/ha/año, esto puede resultar a que los países latinoamericanos poseen ecosistemas terrestres biodiversos con la capacidad de secuestrar más CO<sub>2</sub> e implementar proyectos de carbono (Brouwer et al., 2022).

En cuanto al servicio de regulación de la calidad de agua, las metodologías utilizadas también generan una alta heterogeneidad en los valores determinados (Bergstrom y Loomisb, 2017). Adicionalmente, Roldán et al. (2021) menciona que estos países a menudo tienen

sistemas de agua potable significativamente deficientes, por lo que su disposición a pagar es mayor, en comparación con los países desarrollados. En este trabajo se estimó un valor económico del servicio calidad de agua de 120.65 USD/año/hogar para la región latinoamericana, mientras que Van Houtven et al. (2017), para países desarrollados, determinó un valor medio de 83 USD/año/hogar. En conclusión, los resultados de disposición a pagar son sensibles al alcance de la investigación, ingresos del hogar y métodos utilizados (Van Houtven et al., 2017).

Dada la heterogeneidad de los valores económicos encontrados, se tiene que tratar los resultados del presente estudio con mucha cautela. Por lo que se sugiere que para estudios posteriores se procure incluir un mayor número de estudios, conforme estos se van desarrollando; además, delimitar los métodos de valoración económica; usar otros criterios de selección de estudios, lo que podría aumentar el tamaño de la muestra, y usar especificaciones que incorporen características socioeconómicas adicionales (Hjerpe et al., 2015; Lara-Pullido et al., 2018). Más allá de esto, es importante centrar la investigación en conocer el valor económico de los servicios ecosistémicos, tanto de los que se revisa en el presente estudio como de otros, para construir esquemas de compensación apropiados y, fundamentalmente, generar herramientas válidas para la toma de decisiones en torno a la protección y conservación de los SE en la región.

Finalmente, a partir de los resultados del presente metaanálisis se sugiere a futuro el desarrollo de una investigación integrada entre los países y las partes involucradas en la valoración de los SE, así como desarrollar un marco institucional que restaure la equidad, participación y monitoreo en los estudios que valoren económicamente los diversos servicios ecosistémicos en América Latina (Lara-Pullido et al., 2018).

## Conclusiones

Este estudio recopiló un total de 65 estudios, 36 para el servicio ecosistémico secuestro de carbono y 29 para el servicio de calidad del agua, distribuidos en 50 artículos, 9 tesis, 5 informes no gubernamentales y 1 capítulo de libro. De estos, para el servicio de secuestro de carbono se realizaron un mayor número de estudios en Perú (11), en México (7) y Ecuador (7), en cambio para el servicio de calidad de agua, los países con un mayor número de investigaciones son: México (12), Brasil (5) y Ecuador (4).

Los métodos de valoración más utilizados para valorar económicamente el servicio de secuestro de carbono fueron precio de mercado y transferencia de beneficios, y los de valoración contingente y experimentos de elección para el servicio de calidad de agua. Con el método de precio de mercado se obtuvo 24 valores económicos, 23 para el secuestro de carbono y 1 para calidad de agua, y con el método de valoración contingente se recolectaron 19 valores, 2 para el servicio de secuestro de carbono y 17 para el de calidad de agua.

A partir de los forest plot se pudo generar valores económicos globales para el servicio de secuestro de carbono en función de los métodos de valoración más usados, se obtuvo un valor económico global de 349644.74 USD/año/ha con el método precio de mercado, y un valor de 1946146.77 USD/año/ha con el método transferencia de beneficios. Por otra parte, para el servicio de calidad de agua se obtuvo un valor económico global de 224.71 USD/año/hogar en función del método valoración contingente, y un valor de 41.82 USD/año/hogar con el método de experimentos de elección.

Así también, los resultados mostraron que la tendencia en los últimos años sobre la investigación de estos servicios ecosistémicos en América Latina puede deberse a la falta de acceso a datos y el presupuesto para elaborar dichos estudios, este punto es fundamental ya que los estudios de valoración no solo aportarían decisión sobre la gestión de un ecosistema sino que se puede usar estas estimaciones de valor de otro

modo, por ejemplo, para compensar el daño o impacto ambiental producto de las actividades económicas realizadas en estos ecosistemas.

Como conclusión general, a través de este estudio se ha podido determinar los siguientes puntos, en primer lugar, identificar que países requieren un mayor apoyo hacia las investigaciones de estos dos servicios ecosistémicos, tal es el caso de países de América Central (Costa Rica, Panamá, Nicaragua, Honduras, entre otros) . En segundo lugar, se exploró las metodologías más utilizadas para valorar estos servicios en la región, lo que ofrece un punto de partida para otros investigadores a la hora de valorar estos servicios. Y, en tercer lugar, los valores económicos reportados deben tratarse con reserva al momento de incorporarlos en una determinada política ya que están en función de la metodología utilizada en los estudios recopilados, y estos pueden variar para otros enfoques.

## Recomendaciones

Con el desarrollo de la presente investigación, se puede aportar las siguientes recomendaciones:

Se demuestra la importancia de los servicios ecosistémicos en América Latina, al ser una de las regiones más biodiversas, por ello se sugiere que estas valoraciones deben ser incluidas en agendas de planificación de los gobiernos en políticas de gestión ambiental, con el objetivo de incentivar la reducción de las tasas de deforestación en los países de la región. Asimismo, se puede incluir al análisis como se valoran otros servicios ecosistémicos en la región como la belleza escénica y el turismo, para compararlos con los servicios aquí estudiados.

De este modo, al valorar económicamente estos dos servicios ecosistémicos, se utilizan métodos de valoración sofisticados y en muchas ocasiones costosos, por esta razón, se sugiere que los gobiernos latinoamericanos destinan una parte de su gasto hacia estos estudios para impulsar la investigación y alcance de los mismos dentro de la toma de decisiones acertadas sobre gestión y regulación forestal, o incluso para compensar algún daño ambiental.

En consecuencia, en esta investigación se trabajó un periodo de 13 años para los servicios de secuestro de carbono y calidad del agua, sería interesante ampliar el periodo de análisis, para recopilar más información, aumentar la cantidad de casos de estudio, examinar algún cambio en la tendencia de evolución de los servicios que aporte mayor información del comportamiento de los mismos y tener una perspectiva a largo plazo. Con esto también se puede promover un enfoque interdisciplinar en la valoración económica para que participen diversos actores (formuladores de políticas, científicos y sociedad) para promover el rol de estos servicios y favorecer la toma de decisiones y a los grupos vulnerables que se beneficien de los mismos.

Por último, se recomienda aplicar políticas de gestión ambiental, para promover la protección de cuencas hídricas y bosques. En primer lugar, se puede tomar en cuenta la iniciativa de Ecuador de la creación de fondos de agua, como FORAGUA que opera en 14

municipios del país y da servicio a 500000 residentes con acceso agua segura y potable y FONAG que opera en el distrito metropolitano de Quito, cuyo objetivo de estos fondos es la captación y generación de recursos para la protección de cuencas hídricas y el acceso a agua segura potable. En segundo lugar, se recomienda promover los proyectos o mercados de carbono, que ayuden a mitigar el cambio climático y también permitirían disminuir las tasas de deforestación en América Latina, por ejemplo, en Ecuador el mercado de carbono está en construcción, y beneficiaría al país tanto ambiental como económicamente con las transacciones en el mercado nacional e internacional, siendo el país pionero y vital para enfrentar el cambio climático, para alcanzar esta propuesta sería necesario que los países lo articulen con sus organismos del ambiente, así como instituciones financieras nacionales.

## Referencias

- Agraz, C. M., Chan-Keb, C. A., Chavez-Barrera, J., Osti-Saenz, J., Exposito-Diaz, G., Alonso-Campos, V. A., ... & Rivera-Arriaga, E. (2020). Carbon stocks in a mangrove ecosystem in northern Mexico: environmental changes for 35 years. *Revista mexicana de biodiversidad*, 91.
- Aragón Guillen, C. I., y Martínez Canal, B. D. (2022). Valoración económica en la captura de carbono de las especies *Escallonia resinosa* y *Polylepis incana*, en el Parque Arqueológico de Sacsayhuamán-Cusco, 2022.
- Arauz, C., y Marzo, M. (2021). Las Soluciones basadas en la Naturaleza como herramienta para mitigar el cambio climático. *Ambienta*, 127, 24–31. <https://bit.ly/3CrVC5v>
- Augusto, C., Agudelo, R., y Bello, L. C. (2014). ¿El valor de algunos servicios ecosistémicos de los Andes colombianos?: transferencia de beneficios por meta - análisis. 19. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC19-3.vase>
- Azqueta, D., Alviar, M., Domínguez, L., y Ryan, R. (2007). Introducción a la economía ambiental. In *British Journal of Cancer* (Vol. 25, Issue 3). <http://www.revista.unam.mx/vol.7/num7/art55/int55.htm>
- Balvanera, P. (2007). Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. 85, 8–15. [http://produccionbovina.com/regiones\\_ganaderas/27-Ecosist\\_del\\_Delta-2010.pdf](http://produccionbovina.com/regiones_ganaderas/27-Ecosist_del_Delta-2010.pdf)
- Balvanera, P., Astier, M., Gurri, F. D., & Zerme, I. (2017). *Revista Mexicana de Biodiversidad* Resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad de sistemas socio ecológicos en México. 88, 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.005>
- Banco Mundial. (2022). Lo que hay que saber sobre el cambio climático y la contaminación atmosférica. World Bank. <https://bit.ly/3X35TyH>
- Banco Mundial. (2019). Entrevista con Thomas Lovejoy: Por qué la biodiversidad de la Amazonia es fundamental para el planeta. World Bank. <https://bit.ly/3Je9Qee>
- Başkent, E. Z. (2021). Assessment and valuation of key ecosystem services provided by two forest ecosystems in Turkey. *Journal of Environmental Management*, 285, 112135.
- Becker, B. J., & Thompson, C. G. (2023). Meta-analysis. In *International Encyclopedia of*

*Education* (Fourth Edi, Vol. 14). Elsevier. <https://bit.ly/3NvrFrO>

- Begum, R. A., Raihan, A., & Said, M. N. M. (2020). Impactos dinámicos del crecimiento económico y la superficie forestal en las emisiones de dióxido de carbono en Malasia. *Sustainability*, 72(22), 9375.
- Benjamín, J., y Masera, O. (2001). Secuestro de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7 (1), 3-12.
- Bergstrom, J. C., & Loomis, J. B. (2017). Economic valuation of river restoration: An analysis of the valuation literature and its uses in decision-making. *Water Resources and Economics*, 17, 9-19.
- Berto, P. J., Ferraz, D., & do Nascimento Rebelatto, D. A. (2022). The Circular Economy, Bioeconomy, and Green Investments: A Systematic Review of the Literature. *Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 17(1), 46.
- Botella, J., y Zamora, Á. (2017). El meta-análisis: una metodología para la investigación en educación. *Educación XXI: revista de la Facultad de Educación*, 20(2), 17-38.
- Brander, L., Brouwer, R., & Wagtendonk, A. (2013). Economic valuation of regulating services provided by wetlands in agricultural landscapes: A meta-analysis. *Ecological Engineering*, 56, 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.104>
- Brouwer, R., Pinto, R., Dugstad A., Navrud, S. (2022). The economic value of the Brazilian Amazon rainforest ecosystem services: A meta-analysis of the Brazilian literature. *PLOS ONE* 17(5): e0268425. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268425>
- Camargo, E., Carreño, J., y Barón, E. (2012). Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano. *Revista de Investigación agraria y ambiental*, 3(1), 77-83.
- Carey Webb, J. (2020). La biodiversidad de América Latina es crítica. *La Onda Verde | NRDC*. <https://on.nrdc.org/3X36dNV>
- CEPAL, N. (2019). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales.*

- CEPAL. (2021). La pérdida de los bosques de América Latina y el Caribe 1990-2020: evidencia estadística. *Cepal*, 2, 1–9.
- Chamba Tandazo, L. F. (2022). Meta-análisis de la valoración económica de los servicios ecosistémicos en Ecuador. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Champ, P. A., Boyle, K. J., & Brown, T. C. (2017). The Economics of Non-Market Goods and Resources: A Primer on Nonmarket Valuation Second Edition. In *Springer* (Vol. 13). <http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-7104-8>
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B. & Van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* (387), 253–260.
- Costanza, R., De Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., & Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem services*, 28, 1-16.
- Cordero, D. (2011). Los bosques en América Latina. <https://bit.ly/3p7sopp>
- Cortés Landázury, R., Riascos López, A., y Idrobo Salazar, W. (2019). Barro, valor y bienestar. Una estimación económica del impacto en la cuenca del río Anchicayá. *Cuadernos de Administración (Universidad del Valle)* , 35 (63), 42-54.
- Cristeche, E., y Penna, J. A. (2008). Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. *Estudios Socioeconómicos de La Sustentabilidad de Los Sistemas de Producción y Recursos Naturales*, 3, 58.
- Cronbach, L.J. (1982). *Designing Evaluations of Educational and Social Programs*. Jossey-Bass, San Francisco.
- Cuellar, R. M., y Talaverano, N. S., (2018). Valoración económica del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en la cobertura forestal-Parque Nacional del Huascarán. *Cátedra Villarreal*, 6(1).
- Chaikumbung, M., Doucouliagos, H., & Scarborough, H. (2016). The economic value of wetlands in developing countries: A meta-regression analysis. *Ecological Economics*, 124, 164-174.

- Daily, G. C. (1997). Nature's services. 392. <https://bit.ly/3qEhpnY>
- Deutsche, W. (2022). Bolsonaro y la selva: un balance. DW.COM. <https://bit.ly/43EpGXt>
- Dilas, J., Llanos, R., y Ticllasuca, A. (2020). Secuestro de Carbono: Un enfoque sobre el cambio climático y los servicios ecosistémicos en el Perú. *Alpha Centauri*, 1(2), 02-14.
- Di Sabatino, A., Coscieme, L., Vignini, P., Cicolani, B. (2013). Scale and ecological dependence of ecosystem services evaluation: Spatial extension and economic value of freshwater ecosystems in Italy. *Ecological Indicators* 32:259-263 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.03.034>
- Escrig Sos, V. J., Lluca Abella, J. A., Granel Villach, L., y Bellver Oliver, M. (2021). Metaanálisis: una forma básica de entender e interpretar su evidencia. *Revista de Senología y Patología Mamaria*, 34(1), 44–51. <https://bit.ly/42DOY6X>
- FAO. (2022). El estado de los bosques del mundo 2022. Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9360es>
- Gallopín, G. C. (2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. Cepal.
- Glass, G. V. (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational researcher*, 5(10), 3-8.
- Gligo, N., Alonso, G., Barkin, D., Brailovsky, A., Brzovic, F., Carrizosa, J., Durán, H., Fernández, P., Gallopín, G., Leal, J., Marino de Botero, M., Morales, C., Ortiz Monasterio, F., Panario, D., Pengue, W., Rodríguez Becerra, M., Rofman, A., Saa, R., Sejenovich, H., ... Villamil, J. (2021). La tragedia ambiental de América Latina y el Caribe. In CEPAL (Ed.), *La tragedia ambiental de América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas. <https://hdoi.org/10.18356/9789210047425>
- Global Drought Observatory. (2021). *GDO Analytical Report - Droughts in South America - 10 years overview December 2021*. December, 1–18. <https://bit.ly/43F8jWy>
- Gómez, A., Correa, A., & Castruita, L. U. (2021). Climate Change and Dynamics of Forest Ecosystems. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), 673–682.

- Gómez, A., y Estruch, V. (2019). Valoración económica de los servicios ecosistémicos marinos: un caso de estudio de La Safor, Golfo de Valencia, España. *Ecosistemas*, 28(2), 100-108.
- Grammatikopoulou, I., & Vačkářová, D. (2021). The value of forest ecosystem services: A meta-analysis at the European scale and application to national ecosystem accounting. *Ecosystem Services*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101262>
- Guignet, D., Heberling, M. T., Papenfus, M., Griot, O., & Holland, B. (2019). Property values and water quality: A nationwide meta-analysis and the implications for benefit transfer.
- Havránek, T., Stanley, TD, Doucouliagos, H., Bom, P., Geyer Klingeberg, J., Iwasaki, I., & Van Aert, RCM (2020). Directrices de informe para metaanálisis en economía. *Revista de Estudios Económicos*, 34 (3), 469-475.
- Hjerpe, E., Hussain, A., & Phillips, S. (2015). Valuing type and scope of ecosystem conservation: A meta-analysis. *Journal of Forest Economics*, 21(1), 32-50.
- IPCC. (2022). AR6 Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. <https://bit.ly/3p5f3y3>
- Jerath, M. (2012). "An economic analysis of carbon sequestration and storage service by mangrove forests in everglades national park, Florida". *fiu electronic theses and dissertations*. paper 702.
- Kang, N., Hou, L., Huang, J., & Liu, H. (2022). Ecosystem services valuation in China: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 809(5), 151122. <https://bit.ly/3PckRjV>
- Krutilla, John. (1967). "Conservation reconsidered", in *American Economic Review*, 57(4)
- Labandeira, X., León, CJ y Vázquez, MX (2007). *Economía ambiental* (Nº 333.7 L3.). Pearson Educación.
- Lara Pulido, J. A., Guevara Sanginés, A., & Arias Martelo, C. (2018). A meta-analysis of economic valuation of ecosystem services in Mexico. *Ecosystem Services*, 31, 126–141. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.02.018>
- Maza Valle, W. F. (2019). Valoración económica del servicio ambiental de secuestro de carbono para garantizar la sostenibilidad del bosque Buenaventura, Ecuador.

- Mengist, W., & Soromessa, T. (2019). Assessment of forest ecosystem service research trends and methodological approaches at global level: a meta-analysis. *Environmental Systems Research*, 8(22). <https://doi.org/10.1186/s40068-019-0150-4>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2000). Libro blanco del agua en España. In *Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/spa192539.pdf>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and human well-being: a report on the conceptual framework working group of the Millennium Ecosystem Assessment. In *Ecosystems (ISLAND PRE, Vol. 5, Issue 281)*. <https://bit.ly/42ESb6h>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2000). Libro blanco del agua en España. In *Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/spa192539.pdf>
- Mogas Amorós, J., y Riera, P. (2011). Comparación de la ordenación contingente y del experimento de elección en la valoración de las funciones no privadas de los bosques. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 1(2), 125. <https://bit.ly/42lBuqq>
- Nelson, J. P., & Kennedy, P. E. (2009). The use (and abuse) of meta-analysis in environmental and natural resource economics: An assessment. *Environmental and Resource Economics*, 42(3), 345–377. <https://doi.org/10.1007/s10640-008-9253-5>
- Nielsen, E., & Rice, R. 2004. Sustainable Forest management and conservation incentive agreements. *International Forestry Review* 6:56-60.
- Norman, C., y Kreye, M. (2022). Cómo los bosques almacenan el carbono. <https://extension.psu.edu/como-los-bosques-almacenan-el-carbono>
- OCDE. (2017). Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el Desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias, Versión preliminar.
- Ojea, E., y Martín-Ortega, J. (2015). Comprender el valor económico de los servicios ecosistémicos del agua de los bosques tropicales: una revisión sistemática para América del Sur y Central. *Revista de Economía Forestal*, 21 (2), 97-106
- OMS. (2016). Water Quality and Health Strategy 2013-2030. <https://bit.ly/3NsEeUs>

- ONU. (2015). Agua y Desarrollo Sostenible. *Revista de La Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 98(1), 89. <https://bit.ly/3p1JF3w>
- ONU. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro futuro común. Documentos de Las Naciones, 416. <https://bit.ly/3CoZHak>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). Updating guidance for reporting systematic reviews: development of the PRISMA 2020 statement. *Journal of clinical epidemiology*, 134, 103-112.
- Pagiola, S., (2002). Pagos por servicios ambientales. *Environment strategy notes*, 3, 1-6.
- Pascual, U., Muradian, R., Brander, L., Christie, M., Cornelissen, H., Eppink, F., Farley, J., Loomis, J., Pearson, L., Perring's, C., & Polansky, S. (2010). The economics of valuing ecosystem services and biodiversity. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity. Ecological and Economic Foundations*, January, 183–255.
- Pearce, D. (2002). An intellectual history of environmental economics. *Annual review of energy and the environment*, 27(1), 57-81.
- Penna, J. A., de Prada, J. D., y Cristeche, E. (2010). Valoración económica de los servicios ambientales: teoría, métodos y aplicaciones. *VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS*, 84.
- Perevochtchikova, M., Flores, J. Á. H., Marín, W., Flores, A. L., Bueno, A. R., & Negrete, I. A. R. (2019). Systematic review of integrated studies on functional and thematic ecosystem services in Latin America, 1992–2017. *Ecosystem Services*, 36, 100900.
- Pisani, D., Paziienza, P., Perrino, E. V., Caporale, D., & De Lucia, C. (2021). The economic valuation of ecosystem services of biodiversity components in protected areas: a review for a framework of analysis for the Gargano national park. *Sustainability*, 13(21), 11726.
- Raihan, A., Begum, R. A., & Said, M. N. M. (2021). A meta-analysis of the economic value of forest carbon stock. *Geografia–Malaysian Journal of Society and Space*, 17(4), 321-338.

- Ramírez, A. G. ., Castillo, I. C., Calderón, D. D., Duffus, D. y Pirela, A. A. (2023). Valoración económica y disponibilidad a pagar por el agua en comunidades rurales. *Económicas CUC*, 44(1), 83-102.
- Riera, P., García, D., Kristom, B., y Brannlund, R. (2016). *Manual de economía ambiental y de los recursos naturales*, 3a edición (3.a ed.). Paraninfo. <https://bit.ly/45UzpdQ>
- Ripka de Almeida, A., da Silva, C. L., y Hernández Santoyo, A. (2018). Métodos de valoración económica ambiental: instrumentos para el desarrollo de políticas ambientales. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(4), 246-255.
- Roldán, D., Sarmiento, J. P., & Roldán Aráuz, F. (2021). Economic valuation meta-analysis of freshwater improvement in developed and developing countries. Are they different? *Journal of Water and Health*, 19(5), 736-749.
- Romero, M. E. R., Velasco, D. C. V., y Vilca, J. C. V. (2021). Valoración económica de los servicios de almacenamiento de CO2 y filtración del agua de los manglares del golfo de Guayaquil. *Revista Geoespacial*, 18(2), 18-32.
- Sachs, J. D. (2015). *The age of sustainable development*. In *the Age of Sustainable Development*. Columbia University Press.
- Salinas, M. R. F. V., Ramírez, M. W. C. B., & Córdova, M. V. R. V. B. (2021). La valoración económica como fundamento de políticas ambientales: una revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(5), 7808-7831.
- Sarmiento, M. Á. (2004). Desarrollo de un nuevo método de valoración medio ambiental. *Quebracho. Revista de Ciencias Forestales*.
- Sánchez Meca, J. (2010). Las principales características del meta-análisis son la precisión, la objetividad y la replicabilidad. *Aula Abierta*, 38, 53–64. <https://bit.ly/3X9nc18>
- Schild, J. E. M., Vermaat, J. E., de Groot, R. S., Quatrini, S., & van Bodegom, P. M. (2018). A global meta-analysis on the monetary valuation of dryland ecosystem services: The role of socio-economic, environmental and methodological indicators. *Ecosystem Services*, 32(October 2016), 78–89. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.06.004>

- Silvestre, B. S., & Țîrcă, D. M. (2019). Innovations for sustainable development: Moving toward a sustainable future. *Journal of cleaner production*, 208, 325-332.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104(July), 333–339. <https://bit.ly/43Sr0FY>
- Tamayo, E. (2014). IMPORTANCIA DE LA VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y BIODIVERSIDAD PARA LA TOMA DE DECISIONES. 1, 16–28.
- Tomasini, D. (2000). Valoración económica del ambiente. Buenos Aires: Departamento de Economía, Desarrollo y Planeamiento Agrícola.
- Tomislav, K. (2018). The concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues. *Zagreb International Review of Economics & Business*, 21(1), 67-94.
- TEEB. (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations*, Earthscan.
- Van Houtven, G., Powers, J., & Pattanayak, S. K. (2017). Valuing water quality improvements in the United States using meta-analysis: Is the glass half-full or half-empty for national policy analysis? *Resource and Energy Economics*, 29(3), 206-228.
- Van Houtven, G. L., Pattanayak, S. K., Usmani, F., & Yang, J. C. (2017). What are households willing to pay for improved water access? Results from a meta-analysis. *Ecological Economics*, 136, 126-135.
- WWF (2020) *Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss*. Almond, R.E.A., Grooten M. and Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Switzerland.
- Yáñez, A. (2016). La secuestro de carbono en bosques: ¿una herramienta para la gestión ambiental? *Gaceta Ecológica*, 70, 5–18. <http://redalyc.org/articulo.oa?id=53907001>

## Apéndice

## Apéndice A. Servicio de secuestro de carbono

Autor/es	Año	Autores y año	Base de datos de la búsqueda	Revista/ Journal/Institución	Tipo de documento	Idioma del documento	Título	Bien/servicio ecosistémico	Método de valoración	País	Zona_De partamento_provincia	Área de estudio	Valor económico en el documento	Tipo de moneda	Área total (ha)	Temporalidad de la medida	Cambio a dólares	Valor económico total	Valor económico unitario	Medida
Cuellar y Talaverano	2010	Cuellar y Talaverano (2010)	Google Académico	Cátedra Villareal	Artículo científico	Español	Valoración económica del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en la cobertura forestal - Parque Nacional del Huascarán	Secuestro de carbono	Valoración contingente	Perú	Áncash	Parque Huascarán	60	Soles	4482,4	año	1 USD = 3.29 soles	81758,98	18,24	USD/ha/año
Benítez, Samarrón, Ben-Arie y Carrillo	2011	Benítez et al (2011)	Google Académico	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)	Artículo científico	Español	Valoración económica de los servicios ambientales de Campeche	Secuestro de carbono	Precio de mercado	México	Campeche	Campeche	1828765	Dólar	15879	año		1828765,00	115,17	USD/ha/año
Martel y Cairampoma	2012	Martel y Cairampoma (2012)	Redalyc	Ecología Aplicada	Artículo científico	Español	Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en "Cicra", Madre de Dios	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Perú	Madre de Dios	Río los Amigos	1164904,92	Dólar	4977,90	año		1164904,92	234,02	USD/ha/año
Torres, MacMillan, Skutsch y Lovett	2012	Torres, MacMillan, Skutsch y Lovett (2012)	Springer	Regional environmental change	Artículo científico	Inglés	The valuation of forest carbon services by Mexican citizens: the case of Guadalajara city and La Primavera biosphere reserve	Secuestro de carbono	experimentos de elección	México	Guadalajara	Primavera	395890	Dólar	3050	año		395890	129,8	USD/ha/año
Calderón, Hernández y López	2013	Calderón et al (2013)	Google Académico	FEDESARROLLO	Informe	Español	Valoración de los bienes y servicios ambientales provistos por el Páramo de Santurbán	Captura de carbono	Transferencia de beneficios	Colombia	Santander	Páramo de Santurbán	233360000	Pesos colombianos	53800		1USD = 1827,69 COP	1276802,96	23,73	USD/ha/año
Aguilar, Zambrano, Valiente y Ramos	2013	Aguilar, Zambrano, Valiente y Ramos (2013)	ScienceDirect	Cities	Artículo científico	Inglés	Enhancing the potential value of environmental services in urban wetlands: An agro-ecosystem approach	Secuestro de carbono	Precio de mercado	México	Ciudad de México	Xochimilco	217,32	Dólar	2614	año		568074,48	217,32	USD/ha/año
Valera y Carvajal	2014	Valera y Carvajal (2014)	Research Gate	ANALES	Artículo científico	Español	Valoración económica del secuestro de carbono en un sector del Parque Nacional Waraira Repano (Caracas, Venezuela)	Secuestro de carbono	Referencia precio promedio	Venezuela	Caracas	Parque Nacional Waraira Repano	59856,15	Dólar	10600	-	-	634474,13	59,86	USD/ha/año

Rivera, Chipana, Barcés y Ayerbe	2014	Rivera et al. (2014)	Google Académico	Tesis Master-Universidad Nacional Agraria	Artículo científico	Español	Valoración Económica del Bofedal del distrito de Quinua, Huamanga – Ayacucho	Secuestro de carbono	Costo del daño evitado	Perú	Ayacucho	Quinua	3000615	Dólar	9158	año		3000615,00	327,65	USD/ha/año
Vásquez, Zúñiga, Tala, Piaget, Rodríguez y Vega	2014	Vásquez et al. (2014)	Springer	Psicología aplicada	Artículo científico	Inglés	Economic valuation of kelp forests in northern Chile: values of goods and services of the ecosystem	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Chile	Norte de Chile	Antofagasta, Caldera y Coquimbo	2041970	Dólar	16064	año	-	2041970,00	127,11	USD/ha/año
Kometter y Pautrat	2014	Kometter y Pautrat (2014)	Research Gate	Sociedad Peruana de Ecodesarrollo o Blue Moon Foundation	Informe	Español	Valorización de los bienes y servicios ambientales perdidos por la deforestación en Tamshiyacu (Loreto) y Nueva Rquena (Ucayali)	Secuestro de carbono	Costo de oportunidad	Perú	Loreto y Ucayali	Tamshiyacu, Bajo Royal	3411097	Soles	13076	año	1USD = 2.80S/	1218249,00	93,17	USD/ha/año
López	2015	López (2015)	Google Académico	Teis-Pontificia Universidad Católica del Perú	Grado	Español	Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el Fundo Violeta	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Perú	Madre de Dios	Fundo Violeta	197588,42	Dólar	6883	año	-	197588,42	28,71	USD/ha/año
Estrada, Soares, Fernández y Moura de Almeida	2015	Estrada et al. (2015)	Taylor & Francis	Revista Internacional de Ciencias de la Biodiversidad, Servicios y Gestión de los Ecosistemas	Artículo científico	Inglés	The economic evaluation of carbon storage and sequestration as ecosystem services of mangroves: a case study from southeastern Brazil	Secuestro de carbono	Transferencia de beneficios	Brasil	Río de Janeiro	Reserva biológica del estado de Guaratiba	455827	Dólar	4290	año		455827,00	106,25	USD/ha/año
Márquez y Cubas	2016	Márquez y Cubas (2016)	Google Académico	Tesis-UNAP	Maestría	Español	"Valoración económica del secuestro de CO2 en 7 tipos de bosque del sector Caballococha- Palo seco- Buen Suceso, provincia Ramón Castilla, Loreto"	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Perú	Ramón Castilla	Caballococha - Palo Seco - Buen Suceso,	5087797954	Dólar	159269	año		5087797954	31944,68	USD/ha/año
Iwan, Guerrero, Romanelli y Bocanegra	2017	Iwan et al. (2017)	ProQuest	Investigaciones Geográficas	Artículo científico	Español	Valoración económica de los servicios ecosistémicos de una Laguna del sudeste bonaerense	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Argentina	Buenos Aires	Laguna de los Padres	466066	Dólar	10260	año		466066,00	45,43	USD/ha/año
Aguirre	2017	Aguirre (2017)	Google Académico	Tesis	Maestría	Español	Captura de carbono en el comportamiento leñoso del bosque seco en la provincia de Loja con perspectivas de mercado	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Ecuador	Loja	Bosque seco provincia de Loja	1835820	Dólar	31000	año		1835820	59,22	USD/ha/año

Esquivel, González y Morales	2017	Esquivel, González y Morales (2017)	Google Académico	Centro de investigación en Geografía y Geomática	Informe	Español	Estimación y valoración económica del carbono almacenado en la biomasa aérea del corredor biológico de la selva El Ocote- Cañón del sumidero	Secuestro de carbono	Precio de mercado	México	Chiapas	El Ocote, La Pera, Villa Allende y el Cañón del Sumidero	21200442	pesos mexicanos	10128		1 USD = 18.62	1138584,425	112,42	USD/ha/año
Guerrero y Zunda	2018	Guerrero y Zunda (2018)	Taylor & Francis	Huellas	Artículo científico	Español	Modelización y valoración integrada de los servicios ecosistémicos del Parque Mar Chiquito, Argentina	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Argentina	Buenos Aires	Parque Mar Chiquito	933848,1	Dólar	6000	año	-	933848,1	155,64	USD/ha/año
Merenciano, Musalen, Laino, Benayas, Cruz, Cordero, Moreno, Otazu, Valenzuela, Gonzales, Amarilla, Aranda y Enciso	2018	Merenciano et al. (2018)	Scopus	Ecosistemas	Artículo científico	Español	Servicios ecosistémicos en el Chaco Húmedo Paraguayo: retos para el manejo basado en los ecosistemas	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Paraguay	Presidente Hayes	Finca estancia Playada	543789	Dólar	3700			543789,00	146,97	USD/ha/año
Zuluaga y Castro	2018	Zuluaga y Castro (2018)	Google Académico	Investigaciones	Artículo científico	Español	Valoración de servicios ambientales por captura de CO2 en un ecosistema de bosque seco tropical en el municipio El Carmen de Bolívar, Colombia	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Colombia	Bolívar	El Carmen de Bolívar	317480	Dólar	3063	año		317480	103,65	USD/ha/año
Sislema y Vásquez	2019	Sislema y Vásquez (2019)	Google Académico	Tesis- Universidad Politécnica Salesiana	Grado	Español	Valoración económica de la captura de carbono en las especies <i>Podocarpus sprucei</i> y <i>Oreocallis grandiflora</i> en el bosque protector Aguarongo	Captura de carbono	Precio de mercado	Ecuador	Gualaico	Bosque Protector Aguarongo	557209,81	Dólar	3082	-	-	284807,62	92,41	USD/ha/año
Rodríguez, Mora, Quiroz, Cruz, Peña y Olvera	2019	Rodríguez et al (2019)	Scielo	Acta Universitaria	Artículo científico	Español	Aproximación a la valoración de los servicios ecosistémicos del bosque de Capulálpam de Méndez, Oaxaca, como herramienta para su conservación	Captura de carbono	Transferencia de beneficios	México	México	Capulálpam de Méndez	17184927	pesos mexicanos	3371,18	año	1 USD = 18,88 MXN 2016	910218,59	270,00	USD/ha/año
Gurmendi y Orihuela	2019	Gurmendi y Orihuela (2019)	Google Académico	Tesis	Grado	Español	Valoración económica de la reserva de carbono de Escallonia resinosa (Ruiz & Pav.) Pers. En San Pedro de Saños y Pucará	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Perú	Huancayo	San Pedro de Saños	93914,57	Dólar	2112			93914,57	44,47	USD/ha/año
Tanner, Moity, Costa, Marín, Aburto y Salinas de León	2019	Tanner et al. (2019)	Scopus	Ecological Economics	Artículo científico	Inglés	Mangroves in the Galápagos: Ecosystem services and their valuation	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Ecuador	Galápagos	Archipiélago	132	Dólar	3690	año	-	487080,00	132,00	USD/ha/año

Maza	2019	Maza (2019)	Google Académico	Agroecosistemas	Artículo científico	Español	Valoración económica del servicio ambiental de secuestro de carbono para garantizar la sostenibilidad del bosque buenaventura, Ecuador	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Ecuador	El Oro	Bosque Buenaventura	1821718,63	Dólar	2174,456	año		182171,63	83,78	USD/ha/año
Medina, Medina y Bocardo	2020	Medina et al. (2020)	Scielo	Bosque	Artículo científico	Español	Valoración económica del secuestro y almacenamiento de carbono en la puna seca del suroeste del Perú	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Perú	Arequipa	Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca	86310395,58	Dólar	13507104,16			86310395,58	6,39	USD/ha/año
Navarro, Guillen y Limache	2020	Navarro et al (2020)	Google Académico	Ciencia & Desarrollo	Artículo científico	Español	Valoración económica del Área de Conservación Regional Vilacota Maure: Servicios ecosistémicos priorizados al extremo sur del Perú	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Perú	Tacna	Tacna	454938,55	Dólar	7867,67	año	-	454938,55	57,82	USD/ha/año
Agraz, Chan, Chávez, Osti, Expósito, Alonso, Muñiz, Ruíz, Pérez, Sánchez y Rivera	2020	Agraz et al. (2020)	Scopus	Revista Mexicana de Biodiversidad	Artículo científico	Inglés	Carbon stocks in a mangrove ecosystem in northern México: Environmental changes for 35 years	Secuestro de carbono	Precio de mercado	México	Nayarit	río San Pedro Mezquitlan	191,58	Dólar	3280	año	-	628382,40	191,58	USD/ha/año
Astudillo y Rodríguez	2020	Astudillo y Rodríguez (2020)	Scopus	Geoespacial	Artículo científico	Español	Valoración económica de los servicios ambientales del parque ecológico recreacional "La Perla"	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Ecuador	Sucumbios	Lago Agrio	213523,57	Dólar	1203,42	año		213523,57	177,43	USD/ha/año
Romero, Velasco y Vilca	2021	Romero et al (2021)	Google Académico	Geoespacial	Artículo científico	Español	Valoración económica de los servicios de almacenamiento de CO <sub>2</sub> y filtración del agua de los manglares del golfo de Guayaquil	Captura de carbono	Transferencia de beneficios	Ecuador	Guayaquil	Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado	198,58	Dólar	3360,66	año		667359,86	198,58	USD/ha/año
Galindo y Basurto	2021	Galindo y Basurto (2021)	TEEB	Proyecto NCAVES /ONU	Informe de proyecto	Español	Valoración monetaria de los servicios de los ecosistemas para almacenamiento y secuestro de carbono en México	Secuestro de carbono	Precio de mercado	México	México		25290110	pesos mexicanos	22402	año	1 USD = 13,30 MXN 2014	1901512,03	84,88	USD/ha/año
Mena-Mosquera y Andrade	2021	Mena-Mosquera y Andrade (2021)	Scopus	Floresta y Ambiente	Artículo científico	Inglés	Valuation of Carbon Sequestration and Storage Ecosystem Services in a Tropical Moist Forest of Chocó, Colombia	Secuestro de carbono	Costo de oportunidad	Colombia	Quibdó	Río Munguidó	258,8	Dólar	6192	año	-	1602489,60	258,80	USD/ha/año

Torre, Rodríguez, Gonzales, Sánchez y Morey	2021	Torre et al. (2021)	Scielo	Revista de Economía y Sociología Rural	Artículo científico	Español	Valoración económica ambiental con fines turísticos del Área de Conservación Municipal "Asociación Hídrica Aguajal Renacal Alto Mayo"	Secuestro de carbono	Valoración contingente	Perú	Moyobamba	Asociación Hídrica Aguajal Renacal Alto Mayo	3833929,18	Soles	5024	año	1 USD = 3.20S/ (2018)	1198102,87	238,48	USD/ha/año
Aragón y Martínez	2022	Aragón y Martínez (2022)	Google Académico	Tesis- Universidad César Vallejo	Grado	Español	Valoración económica en la captura de carbono de las especies Escallonia resinosa y Polylepis incana, en el Parque Arqueológico de Sacsayhuamán - Cusco, 2022	Captura de carbono	Precio de mercado	Perú	Cusco	Parque Arqueológico de Sacsayhuamán	692,76	Dólar	5121	año	-	3547623,96	36,73	USD/ha/año
Solano y Millán	2022	Solano y Millán (2022)	PubMed	TEKHNE	Artículo científico	Español	Valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos del parque nacional archipiélago Los Roques	Secuestro de carbono	Costos evitados	Venezuela	Caracas	Parque Nacional Los Roques	191527,95	Dólar	2211,2	año		191527,95	86,62	USD/ha/año
Dueñas, Guevara y Santacruz	2022	Dueñas et al. (2022)	Google Académico	Geoespacial	Artículo científico	Español	Valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos del bosque protector Jatumpamba-Jorupe	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Ecuador	Loja	Jatumpamba-Jorupe	1363935,04	Dólar	8158	año		1363935,04	167,19	USD/ha/año
Borges, Candido y Carvalho	2023	Borges et al. (2023)	Scielo	Ciencia rural	Artículo científico	Inglés	An estimation of ecosystem services provided by urban and peri-urban forests: a case study in Juiz de Fora, Brazil	Secuestro de carbono	Precio de mercado	Brasil	Minas Gerais	Juiz de Fora	6552345	real brasileño	9662	año	\$1= 5,39 R\$/2021	1215648,42	125,82	USD/ha/año

### Apéndice B. Servicio de regulación de calidad de agua

Autor/es	Año	Autores y año	Base de datos de la búsqueda	Revista/Journal/Institución	Tipo de documento	Idioma del documento	Título	Bien/servicio ecosistémico	Método de valoración	País	Zona_Departamento_provincia	Área de estudio	Valor económico en el documento	Tipo de moneda	Hogares	Muestra: encuestas	Tipo de cambio	Temporalidad de la medida	Valor económico total	Valor económico unitario	Área total (ha)	Medida	Volumen anual demandado (m3)
Huenchuleo & De Kartzow	2018	Huenchuleo & De Kartzow (2018)	Scielo	Tecnología y ciencias del agua	Artículo científico	Español	Valoración económica de servicios ecosistémicos en la cuenca del río Aconcagua, Chile	Calidad de agua	Experimentos de elección	Chile	Valparaíso	río Aconcagua	3,24	Dólar		105		mes	4082,4	38,88	7340	USD/año/hogar	
Valdivia Alcalá, Delgadillo, Sangerman, Hernández, Sandovál y Garay	2022	Valdivia et al. (2022)	ResearchGate	Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas	Artículo científico	Español	Valoración económica de la calidad del agua potable en León, Guanajuato	Calidad de agua	Valoración contingente	México	Guanajuato	Valle de León	2184	Pesos mexicanos		165	1 USD= 20.27 MXN	año	17778,00	107,7454366	132	USD/año/hogar	
Jaramillo Galindo, Bustamante y Cervantes	2013	Jaramillo et al. (2013)	Redalyc	Tropical and Subtropical Agroecosystems	Artículo científico	Español	Valoración económica del agua del río Tlapaneco en la "montaña de guerrero" México	Calidad de agua	Valoración contingente	México	Sierra madre	río Tapleneco	132,9	Dólar	115	115		año	15283,5	132,9	498,53	USD/año/hogar	
Romero, Valdivia, Cuevas, Hernández, Medellín y Ávila	2016	Romero et al. (2016)	Redalyc	Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas	Artículo científico	Español	Valoración económica del agua potable en la delegación Iztapalapa, D. F.	Calidad de agua	Valoración contingente	México	México DF	Iztapalapa	62,63	Dólar		95		trimestre	23799,4	250,52		USD/año/hogar	190
Vásquez y Rezende	2019	Vásquez y Rezende (2019)	Science Direct	Elsevier	Artículo científico	Inglés	Willingness to pay for the restoration of the Paraíba do Sul river: a contingent valuation study from Brazil	Calidad de agua	Valoración contingente	Brasil	Río de Janeiro	río Paraíba do Sul	47,05	Real brasileño		274	1 USD = 3,94R\$	mes	39264,06	143,30	4026	USD/año/hogar	
Solano y Millán	2022	Solano y Millán (2022)	Google Académico	Tekhné	Artículo científico	Español	Valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos del parque nacional	Calidad de agua	Precio de mercado	Venezuela	Caracas	Parque Nacional Los Roques	113824,73	Dólar	1471	110		año	113824,73	77,38	2211,2	USD/año/hogar	



Pérez y Quintanilla	2013	Pérez y Quintanilla (2013)	Science Direct	Elsevier	Artículo científico	Inglés	Estimating willingness-to-pay and financial feasibility in small water projects in El Salvador	Calidad de agua	Valoración contingente	El Salvador	Las Lomas	Gran Salvador	5,98	Dólar	3065			año	1572219,74	512,96		USD/m <sup>3</sup>	262913
Mokondoko, Manson y Pérez	2016	Mokondoko et al. (2016)	Science Direct	Elsevier	Artículo científico	Inglés	Assessing the service of water quality regulation by quantifying the effects of land use on water quality and public health in central Veracruz, México	Calidad de agua	Cambios en la productividad	México	Veracruz	cuenca río Antigua	110	Dólar		248		año	27280	110	2637	USD/año/hogar	
Kahn, Vásquez y Rezende	2017	Kahn et al. (2017)	PubMed	Elsevier	Artículo científico	Inglés	Choice modeling of system-wide or large-scale environmental change in a developing country context: Lessons from the Paraíba do Sul River	Calidad de agua	Experimentos de elección	Brasil	Río de Janeiro	cuenca del río Paraíba do Sul	300	Real brasileño	720	720	1 USD= 2R\$	año	108000	150	57000	USD/año/hogar	
Almendra rez, Jaramillo, Avilés, Beltrán, Hernández y Ortega	2013	Almendra rez et al. (2013)	PubMed	Interiencia	Artículo científico	Inglés	Economic valuation of water in a natural protected area of an emerging economy: recommendations for el Vizcaino biosphere reserve, México	Calidad de agua	Valoración contingente	México	Baja California Sur	Reserva de la Biosfera El Vizcaíno	2	Dólar	10593	245		mes	254232	24,00	25500	USD/año/hogar	
Zapata, Benavides, Carpio y Willis	2010	Zapata et al. (2010)	Scopus	Southern Agricultural Economic Association	Artículo científico	Inglés	The Economic Value of Basin Protection to Improve the Quality and Reliability of Potable Water Supply: Some Evidence from Ecuador	Calidad de agua	Valoración Contingente	Ecuador	Loja	microcuenca "El Carmen", "San Simón"	5,8	Dólar	292	292		mes	20323,2	69,6	160	USD/año/hogar	

Arantes, Hardt, Miraglia y Semens attod	2020	Arantes et al. (2020)	Scopus	Sustentabilidade em Debate	Artículo científico	Inglés	Reforest or perish: ecosystem services provided by riparian vegetation to improve water quality in an urban reservoir (São Paulo, Brazil)	Calidad de agua	Transferencia de beneficios	Brasil	Sao Paulo	represa Guarapiranga	181744	Dólar			año	181744	297,31	611,3	2054,4	USD/ha
Brito, Khouri y Semensatto	2018	Brito et al. (2018)	Taylor y Francis	International Journal of Urban Sustainable Development	Artículo científico	Inglés	Ecosystem services of the Guarapiranga Reservoir watershed (São Paulo, Brazil): value of water supply and implications for management strategies	Calidad de agua	Costo Evitado	Brasil	Brasil	cuenca del Embalse de Guarapiranga	927536,25	Dólar			año	927536,25	61,84	639	15000	USD/ha
Huenchuleo, Barkman y Marggraf	2016	Huenchuleo et al. (2016)	Scopus	Ciencia e investigación agraria	Artículo científico	Inglés	Attitudinal determinants of willingness-to-pay for river ecosystem improvements in central Chile: A choice experiment	Calidad de agua	Experimentos de elección	Chile	región Maule y Bio-Bio	río Mataquito e Itata	6430000 30730000	pesos chilenos	300	300	1 USD = 606 CLP	año	10610,56 50709,57	35,37 169,03	6190	USD/año/hogar
Pomper mayer, Angelo y Nascimento de Almeida	2016	Pomper mayer et al. (2016)	Scielo	Floresta e Ambiente	Artículo científico	Inglés	Custo Social da Degradação da Qualidade Hídrica para o Abastecimento Público	Calidad de agua	Productividad marginal	Brasil	Distrito Federal	cuenca urbanas	1293596,07	real brasileño		444	1 USD = 3.33 R\$		38846,73	87,49	2120	USD/año/hogar
Montoya y Nolazco	2014	Montoya y Nolazco (2014)	Scopus	Natura Economía	Artículo científico	Español	Avances en el diseño de esquemas de pagos por servicios ambientales locales en la Amazonía baja peruana: el caso de la cuenca del Nanay	Calidad de agua	Valoración contingente	Perú	Iquitos	cuenca Nanay	6,76	dólar		450		año	36504	81,12	17213,43	USD/año/hogar

Vásquez, Raheem, Quiroga y Ochoa	2022	Vásquez, Raheem, Quiroga y Ochoa (2022)	Science Direct	Elsevier	Artículo científico	Inglés	Valuing improved water services and negative environmental externalities from seawater desalination technology: A choice experiment from the Galápagos	Calidad de agua	Experimentos de elección	Ecuador	Galápagos	Santa Cruz	13,25	dólar	466		mes	74094	159		USD/año/hogar
Cahui, Tudela y Huamani	2019	Cahui (2019)	Google académico	Investigación en Comunicación y Desarrollo	Artículo científico	Español	Determinantes socioeconómicos en la estimación de la disponibilidad a pagar del proyecto de agua potable y saneamiento en el centro poblado de Paxa, distrito de Tiquillaca – Puno 2017	Calidad de agua	Valoración contingente	Perú	Puno	Tiquillaca	14,1	soles	212	1 USD = 3.2 S/	mes	11209,5	52,88		USD/año/hogar
Aguilar, Zambrano, Valiente y Ramos	2013	Aguilar, Zambrano, Valiente y Ramos (2013)	Science Direct	Cities	Artículo científico	Inglés	Enhancing the potential value of environmental services in urban wetlands: An agro-ecosystem approach	Calidad de agua	Costo de reemplazo	México	Ciudad de México	Xochimilco	135,68	Dólar			año	354667,52	135,68	2614	USD/ha
Brunett, Baró, Cadena, y Esteller	2010	Brunett, Baró, Cadena, y Esteller (2010)	Google académico	Ciencia ergosum	Artículo científico	Español	Pago por servicios ambientales hidrológicos: caso de estudio Parque Nacional del Nevado de Toluca, México	Calidad de agua	Valoración contingente	México	Toluca	Parque Nacional Nevado de Toluca	80	Dólar	384		año	30720	80	51000	USD/año/hogar
Pardo	2022	Pardo (2022)	Scielo	Actualidad y divulgación científica	Artículo científico	Español	Valoración del servicio ecosistémico regulación hídrica en el Piedemonte Amazónico, Caquetá, Colombia	Calidad de agua	Valoración contingente	Colombia	Caqueta	Belén de los Andaquíes	2,22	Dólar	2885	382	mes	76856,4	201,19		USD/año/hogar

Beaumais, Briand, Millock y Nauges	2014	Beaumais, Briand, Millock y Nauges (2014)	Google académico	Fondazione eni Enrico Mattei	Informe	Inglés	What are households willing to pay for better tap water quality? A cross-country valuation study	Calidad de agua	Valoración contingente	México	México DF	México	12,16	Dólar	15000	680		año	182400	12,16		USD/año/hogar
Encalada y Sánchez	2015	Encalada y Sánchez (2015)	Springer	<u>Sostenibilidad de la gestión integrada de los recursos hídricos</u>	Capítulo de libro	Inglés	Climate change and households' willingness to pay for protecting high quality water and its provision in a small basin at Ecuador	Calidad de agua	Experimentos de elección	Ecuador	Loja	Catcocha	1,24	Dólar	2160	248		mes	32140,8	14,88	3,91	USD/año/hogar