

# VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS DE ALMACENAMIENTO DE CO<sub>2</sub> Y FILTRACIÓN DEL AGUA DE LOS MANGLARES DEL GOLFO DE GUAYAQUIL

## *ECONOMIC VALUATION OF CO<sub>2</sub> STORAGE AND WATER FILTRATION ENVIRONMENTAL SERVICES OF GUAYAQUIL GULF MANGROVES*

**Elizabeth Romero, Diana Velasco, Jessica Vilca**

*Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Av. Gral. Rumiñahui, s/n y Ambato, Sangolquí-Ecuador. E-mail: meromero6@espe.edu.ec, dcvelasco3@espe.edu.ec, jcvilca@espe.edu.ec*

*\* Autor de correspondencia: Elizabeth Romero; meromero@espe.edu.ec*

Recibido: 28 de octubre 2021

/

Aceptado: 23 de diciembre 2021

---

### RESUMEN

El manglar es un ecosistema costero irremplazable ya que puede soportar más de 70 actividades humanas y es capaz de generar al menos US \$1.6 billones al año por prestación de servicios ecosistémicos relacionados con el uso de materias primas, alimentación, protección costera, purificación del agua, entre otros. El presente estudio valoró los servicios ambientales de almacenamiento de carbono y filtración de agua que ofrecen los manglares del Golfo de Guayaquil, específicamente en la zona comprendida por la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS), el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro (REVISMEN) y una parte del estero ubicado dentro del Golfo de Guayaquil. Los servicios se estimaron a través del método de transferencia de beneficios, el cual permite adaptar información derivada desde una investigación original para la aplicación de ésta a un estudio diferente. Para la valoración del servicio de almacenamiento de carbono se tomaron en cuenta dos especies representativas de mangle (rojo y blanco) para el cálculo de la biomasa y las toneladas de CO<sub>2</sub>. El precio medio anual del CO<sub>2</sub> fue de 0,30 US\$/ton, con el cual se obtuvo el valor económico de 198,58 US\$/ha de CO<sub>2</sub>, almacenado aproximadamente 661,94 ton. En cuanto al servicio de filtración de agua se estimó el valor económico con base a los costos de funcionamiento y mantenimiento de una PTAR, con características similares a la PTAR de las ciudades Celeste I y II, dando como resultado un valor de 18,20 US\$/m<sup>3</sup>, y un valor de 1,21 US\$/ha, con lo que se estimó un valor económico total (VET) de 199,79 US\$.

**Palabras clave:** Almacenamiento de CO<sub>2</sub>, filtración de agua, valoración, servicios ambientales

---

## ABSTRACT

This study assessed the environmental services of carbon storage and water filtration offered by the mangroves of the Gulf of Guayaquil, specifically in the area comprised by the El Salado Mangrove Fauna Production Reserve (RPFMS), the El Morro Mangrove Wildlife Refuge (REVISMEN) and a part of the estuary located within the Gulf of Guayaquil. The mangrove is an irreplaceable coastal ecosystem since it can support more than 70 human activities and can generate at least US \$ 1.6 billion a year for the provision of ecosystem services related to the use of raw materials, food, coastal protection, water purification. Among others. The services were estimated using the benefits transfer method, which allows adapting information derived from an original investigation for its application to a different study. In order to assess the carbon storage service, two representative mangrove species (red and white) were taken into account for the calculation of biomass and tons of CO<sub>2</sub>. The average annual price of CO<sub>2</sub> was 0.30 US \$ / ton, with which the economic value of 198.58 US \$ / ha of CO<sub>2</sub> was obtained, stored at approximately 661.94 tons. Regarding the water filtration service, the economic value was estimated based on the operating and maintenance costs of a WWTP, with similar characteristics to the WWTP of the cities Celeste I and II, resulting in a value of 18.20 US \$ / m<sup>3</sup> and a value of 1.21 US \$ / ha, with which a total economic value (VET) of 199.79 US \$ was estimated.

**Keywords:** CO<sub>2</sub> storage, water filtration, valuation, environmental services

---

## INTRODUCCIÓN

El manglar es un ecosistema irremplazable, está compuesto por árboles y arbustos que crecen en zonas costeras, ríos y estuarios donde se mezcla el agua de mar con el agua dulce. (Franco M, 2019). Estos ecosistemas costeros pueden soportar más de 70 actividades humanas y pueden generar al menos US \$1.6 billones al año en servicios ecosistémicos relacionados con el uso de materias primas, alimentación, protección costera, control de erosión, purificación del agua, sustento de la industria pesquera global, beneficios para el desarrollo de pesca sostenible, recreación, educación, investigación y secuestro de carbono (CPPS, 2019). Además, ayudan a estabilizar las costas y a reducir el impacto devastador de los desastres naturales, como los tsunamis y huracanes, disminuyendo su capacidad protectora (Giri et al., 2008). En cuanto a sus funciones ecológicas, se consideran zonas de desove y cría de peces y crustáceos, ayudan a mantener el proceso de construcción delta (formación de terrenos) e intervienen en la conservación del suelo (a lo largo de las orillas de los ríos y arroyos). También sirven de hábitat para la vida silvestre (aves, nutrias, cocodrilos, etc.). (Marchand, 2008)

La UNEP (2014), menciona un estudio de caso acerca de la función de protección contra tormentas realizada por el ecosistema de manglares de Bhitarkanika. Este tuvo por objeto evaluar el daño del ciclón en tres pueblos seleccionados después del súper ciclón de 1999. El pueblo que estaba protegido por bosques de manglares incurrió en la pérdida más baja por hogar (US \$ 33) a comparación de los otros dos pueblos. La población local conocía y apreciaba la función desempeñada por los manglares en la protección de vidas y propiedades de los ciclones y estuvieron dispuestos a cooperar con el departamento forestal en la restauración de manglares.

Sin embargo, los manglares están bajo una inmensa presión por la tala, la invasión, las alteraciones hidrológicas, los derrames químicos, las tormentas y el cambio climático (Giri et

al., 2008). Entre 1980 y 2005, el mundo perdió el 16.87% de sus manglares. La deforestación ha sido especialmente significativa en Asia al ser éste el continente más grande y, por ende, con la mayor superficie de este ecosistema por lo que una disminución porcentual del mismo significa, en términos nominales, grandes superficies de terreno, según estudios realizados en el 2010 se ha deforestado alrededor de 14.800 km<sup>2</sup> de manglar. En América Latina las estimaciones de deforestación de las áreas de manglar no son tan precisas, pero se reconoce que en muchos países más del 25% de la cobertura de manglar habría sido ya destruida hacia fines del siglo XX. La buena noticia es que estimaciones más recientes en la región indican que la superficie de manglar en lo que va de este siglo comienza a recuperarse y tiende a estabilizarse. (CPPS, 2019). Con ello cada vez se reconoce más la importancia de los manglares y de los servicios ecosistémicos que prestan, pero se necesita más investigación para que se reconozca la contribución económica de los manglares hasta la fecha las valoraciones se han centrado principalmente en Asia, sobretodo en el sudeste y están poco representadas en América, África y el Pacífico. (Vegh et al., 2014).

En Ecuador, según datos del CLIRSEN en el año 1984 se contaba con 182.157,3 ha de manglar y para el año 2006 existían 148.230,23 ha; es decir, en un lapso de 22 años se perdió aproximadamente el 19 % de cobertura de bosque de manglar en todo el Ecuador continental. Esto es propio de los hechos históricos ya que, hasta finales de 1970, se consideraban a los manglares ecosistemas improductivos, como consecuencia de esto, se otorgaron concesiones para el funcionamiento y operación de actividad acuícola, pero en 1986, se declaró bosques protectores a los manglares y posteriormente en 1994 se establece la Veda total de manglar (CLIRSEN, 2006). Con el fin de conservar los bienes y servicios ambientales de estos ecosistemas, 72.523,48 hectáreas de manglar son parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) (MAE,2017). Las islas Galápagos son las únicas que mantienen sus manglares cerca de un estado prístino (Hamilton & Lovette, 2015), en ese sentido para los años 2017 y 2018 la Fundación Charles Darwin, la Dirección del Parque Nacional Galápagos, el Instituto de Oceanografía Scripps y voluntarios de la Universidad de Wisconsin en Eau Claire llevaron a cabo un esfuerzo interdisciplinario a gran escala, para estimar el valor monetario generado por los servicios ecosistémicos de los manglares de Galápagos, dentro del cual se calculó el valor del almacenamiento de carbón. Utilizando la técnica del precio de mercado, se estimó que el carbono almacenado en los manglares de Galápagos vale más de US\$10,8 millones, o \$2 940 por hectárea de manglar (Tanner et al., 2019).

En la provincia de Guayas están 105.219 ha de manglar representando el 71% del manglar en Ecuador, pero solo una pequeña extensión es parte del SNAP (La Prefectura de Guayas, 2011). Sin embargo, en los últimos años se ha ido perdiendo y se estima que uno de los principales factores causantes del deterioro de los manglares es la sobreexplotación de recursos de este ecosistema por parte de las poblaciones aledañas para consumo propio o para la comercialización de los mismos como un sustento económico (Fundación Heifer Ecuador, 2020). Entre las actividades humanas que afectan al manglar se tiene la tala de árboles para la obtención de madera y carbón, la construcción de camaroneras y construcción de viviendas, además del desarrollo urbanístico que altera los procesos hidráulicos y geomorfológicos de los esteros o ramales que componen el estuario del manglar. (Mendoza et al., 2020)

Sumado a esto, la pesca indiscriminada que altera la composición, estructura y función del ecosistema, son entre los principales problemas que enfrentan los manglares (Pernía et al., 2019). Todo esto ocurre ya que las personas que hacen uso del manglar no cuentan con la información suficiente para la correcta explotación sostenible de sus recursos ecosistémicos

(Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura, 2006). El valor económico de los bienes y servicios ambientales que provee el manglar del Guayas oscila entre \$67.763,71 y \$74.410,07 por hectárea para el año 2015, dentro de estos se encuentran los bienes y servicios de; pesca, camarón, nutrientes, recreación y almacenamiento de carbono el cual, según el precio promedio de la tonelada de carbón transada, a partir del 2007 hasta el 2014 es de US\$ 5, 80 o US\$ 4,00, en ese sentido, cada hectárea aporta entre \$280,00 y \$ 406,00 (Solá, 2016).

Con base a la importancia de la conservación de los manglares se realiza este estudio que tiene como fin valorar los servicios ambientales de almacenamiento de carbono y filtración de aguas residuales en los manglares del golfo de Guayaquil, específicamente de la zona que comprende la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS), Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro y una parte del estero ubicado dentro del Golfo de Guayaquil en la provincia de Guayas – Ecuador.

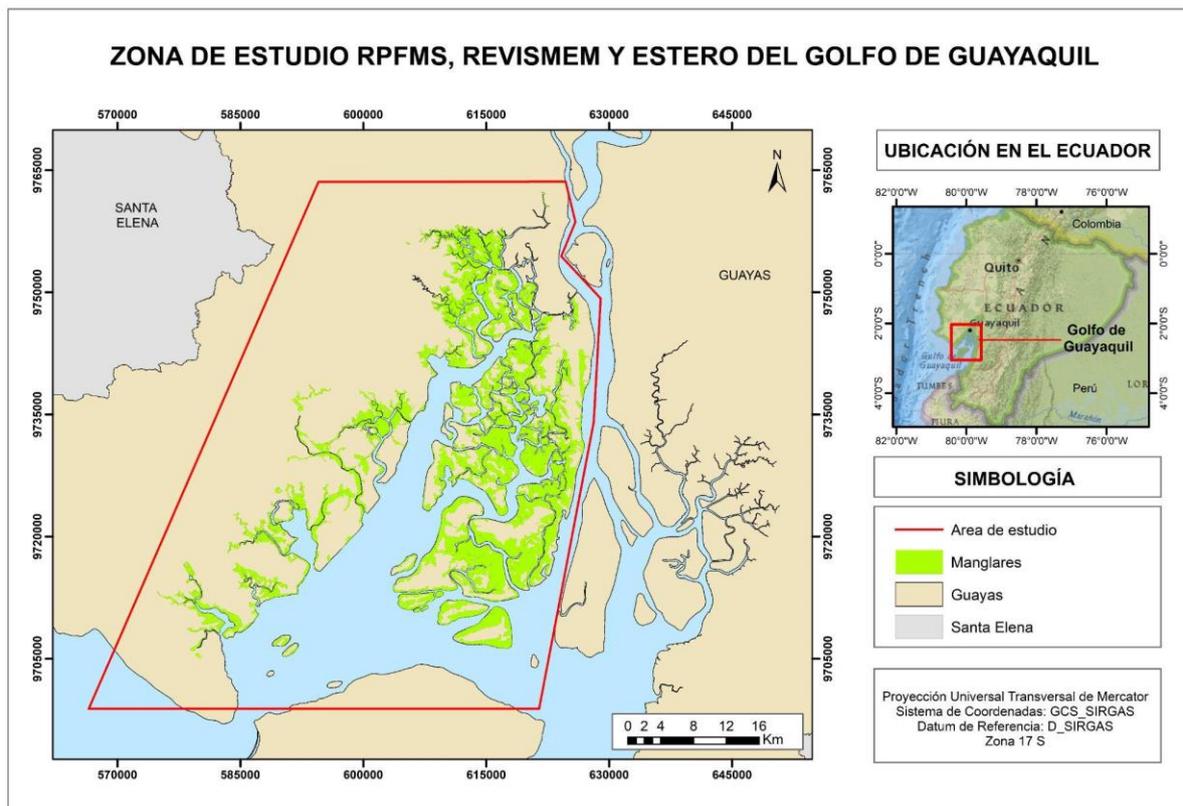
## **METODOLOGÍA**

### **ÁREA DE ESTUDIO**

El área de estudio correspondiente al presente trabajo de investigación está compuesta por la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS) declarada en el 2012, el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro (REVISMEN) declarada en 2007 y una parte del estuario ubicado dentro del Golfo de Guayaquil en la provincia de Guayas, Ecuador (ver mapa 1). Para la estimación de las hectáreas de manglar se utilizó la cartografía de SIGTIERRAS, de Cobertura y Uso del Suelo con fecha del año 2018 y con ayuda del software ArcGIS 10.8 se procedió a extraer la cobertura de los manglares correspondientes a la zona delimitada, dando como resultado que el número total de hectáreas de manglar de la zona de estudio es de 42071, 148 ha.

La Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS) forma parte del Sistema Nacional de Áreas protegidas del Ecuador (SNAP), se encuentra ubicada al suroeste de la ciudad de Guayaquil y parte del estuario del Golfo de Guayaquil (MAE, 2015).

A pesar de que existen manglares en todos los estuarios de la costa, cada zona es diferente y tiene sus propias características. Los que se encuentran dentro del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro tienen mayor influencia de las aguas saladas del océano Pacífico. Se encuentran al norte del golfo de Guayaquil, muy cerca de la isla Puná, donde inicia el canal o estero El Morro. Entre las principales razones para su declaratoria como área protegida están la existencia de una importante población de delfines que habitan en el canal de El Morro y la colonia de fragatas de la isla Manglecito. (Soto, 2010 ).



Mapa 1. Zona de estudio.

## METODOLOGÍA

### TRANSFERENCIA DE BENEFICIOS

La transferencia de beneficios es el proceso mediante el cual los resultados de investigaciones, los descubrimientos, los hallazgos científicos, la propiedad intelectual (PI), la tecnología, los datos o los conocimientos fluyen entre las diferentes partes interesadas. En su uso corriente, el término se refiere a la transferencia de dichos bienes desde las universidades y las instituciones de investigación a las empresas o las instituciones gubernamentales, lo que genera valor económico y desarrollo industrial (OMPI, 2018). La transferencia de beneficios es la adaptación de información derivada desde una investigación original para la aplicación de ésta en un contexto diferente de estudio (Múnera, 2006).

#### *Aplicación del Transferencia de Beneficios*

Para explicar la metodología de la transferencia de beneficios Rosenberg y Loomis (2003), los valores del sitio de estudio  $V_{si}$  transfieren el valor  $V_{ti}$  para aplicar la política en el sitio  $j$ :  $V_{si} \rightarrow V_{ti}$ . Es importante tener en cuenta que la información transferible debe ser relevante para el contexto del sitio de política.

El método de transferencia de beneficios puede ser dividido en tres tipos principales: transferencia de valores fijos, juicio de especialistas, y la transferencia de funciones, todos se transfieren desde un sitio de estudio a un sitio de interés. Cabe mencionar que la transferencia

de valores fijos será tratada en este trabajo. En este método los beneficios totales del sitio donde se va a establecer la investigación se estiman tomando los valores por unidad promedio provenientes de los datos de un sitio de estudio (Múnera, 2006).

SERVICIO DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO

*Tipos de manglar identificados en la zona de estudio*

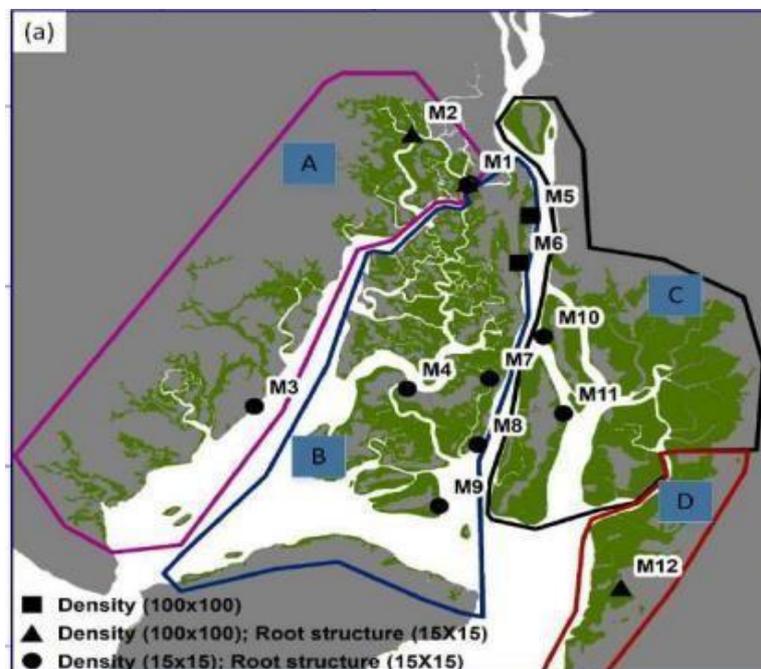
Tabla 1. Identificación de las especies de manglares presentes en el área de estudio.

Ecosistema	Especie de Manglar	Nombre Científico
Bosque Nativo	<i>Rm</i>	<i>Rhizophora mangle</i>
	<i>Lr</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>
	<i>Ag</i>	<i>Avicennia germinans</i>

Fuente: (Mendoza, 2018)

*Estimación de biomasa*

Para la estimación de la biomasa se realiza a través de la transferencia de beneficios. Es decir, realizamos una investigación bibliográfica para obtener los valores del diámetro de pecho (DAP) de las especies de manglar presentes en el área de estudio. La información encontrada inicialmente fue para la especie del manglar *Rhizophora mangle* (*Rm*) o también denominado mangle rojo (ver tabla 3), realizado en el sistema de estuarios en el Golfo de Guayaquil que incluye el estuario del río Guayas, el Estero Salado y los ríos Churute y Taura.



Mapa 2. Presencia del manglar Rojo en el Golfo de Guayaquil.

Fuente: (Zapata, 2018)

En el estudio para obtener los valores del DAP, se realizaron mediciones directas a los árboles obteniendo los siguientes datos (ver tabla 3). Se divide el Golfo de Guayaquil en sectores desde el sector A hasta el D y presenta los resultados tanto del área (ha) así como del DAP (cm) en cada sector. En ese sentido se tomaron en cuenta los valores de los sectores A y B, para la presente investigación ya que coinciden con la zona de estudio.

Tabla 3. Datos de las especies del manglar Rojo en el Golfo de Guayaquil.

Sectores	Área (Ha)	DAP (cm)
A	1.116,333	17,4
B	1.002,333	19,7
C	1.118,000	19,7
D	124.000	47,7

Fuente: (Zapata, 2018)

Los datos del diámetro de altura al pecho (DAP) de la especie de mangle *Laguncularia Racemosa* o conocido también como Manglar Blanco se obtuvieron del estudio denominado: Composición y Estructura de los Manglares del Borde, Puerto el Morro, Provincia del Guayas, Ecuador. El promedio del DAP para esta especie es de 14,75 cm (Freire, 2021).

Para la estimación de la biomasa aérea (BA) del manglar se utilizó la ecuación general propuesta por Chave et al. (2005).

$$Biomasa = \rho * (-1,239 + (1,98 * \ln(dap)) + (0,207 * \ln(dap)^2) - 0,0281 * \ln(dap)^3) \quad (1)$$

Donde:

**DAP:** Es el diámetro del árbol en centímetros medido a la altura del pecho (cm)

**ρ:** Se refiere a la densidad de la especie arbórea (*g/cm<sup>3</sup>*).

La densidad de las especies de manglar es de: 0.89 para la especie *Rm*, 0.759 para la especie *Lr* y 0.762 para la especie *Ag* medida en (*g/cm<sup>3</sup>*) (Mendoza 2018).

#### Cálculo de carbono arbóreo almacenado

Para el cálculo del contenido de carbono se debe usar un factor de 0,5 para transformar de biomasa a carbono, tal es el caso de Rognitz et al., (citado en Guascal Sanguña, 2018) quien sostiene que el contenido de carbono corresponde al 50% de biomasa. De tal manera que en este estudio se utilizó dicho factor para transformar de biomasa a carbono (Astudillo & Rodríguez, 2020).

En consecuencia, se aplicó la siguiente fórmula:

$$CBT = BT * 0,5 \quad (2)$$

Dónde:

**CBT** = Carbono total almacenado en la biomasa (ton/ha)

**BT** = biomasa total (ton/ha)

### *Estimación del dióxido de carbono*

La estimación del volumen de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) se utilizó la ecuación recomendada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) para comparar emisiones de gases de efecto invernadero (Astudillo & Rodríguez, 2020).

$$CO_2 = CBT * 3,67 \quad (3)$$

Dónde:

**CO<sub>2</sub>**= Dióxido de carbono equivalente

**CBT**= Cantidad de carbono total almacenado en la biomasa

**3,67**= Factor de conversión

### *Estimación del valor económico del servicio ambiental*

Para estimar el valor económico del  $CO_2$  capturado se procedió a realizar una multiplicación de la cantidad total de dióxido de carbón por el precio de mercado elegido, empleando la fórmula (Morales & Vásquez, 2019).

$$VE = CO_2 * Precio del Mercado \quad (4)$$

Dónde:

**VE** = Valoración Económica en dólares de carbono

**CO<sub>2</sub>** = Dióxido de carbono capturado en toneladas

Para calcular el valor económico del carbono de las especies, se optó por utilizar el precio de tipo de mercado de cumplimiento, que es utilizado por empresas o gobiernos, y a su vez están regulados por regímenes establecidos de reducción de carbón (Morales & Vásquez, 2019). En este caso se utilizó el valor de los CER para el año 2021. El precio medio anual del carbón es de 0,30 US\$/t CO<sub>2</sub> (SENDECO<sub>2</sub>, 2021).

### *Valoración económica del servicio ambiental filtración de aguas residuales*

La comunidad científica dedicada al estudio del medio ambiente natural se ha percatado de que los bosques de los manglares son capaces por naturaleza de filtrar grandes cantidades de agua residual no tratada (CORDIS, 2008). El presente estudio pretende determinar el valor económico del servicio ambiental del filtrado de aguas residuales para lo cual utilizará el costo de un sustituto para aproximarse al valor (Rivera & Casas, 2005). Es decir, se asignará a dicho servicio un valor idéntico al costo de una planta de tratamiento.

Los costos de una planta de tratamiento de aguas residuales pueden ser clasificados principalmente en dos categorías como son: los costos de inversión inicial, y los costos de funcionamiento (Guerrero Erazo et al., 2007). Cabe recalcar que el valor que se le asigna a la estimación de este servicio está relacionado únicamente con los costos de funcionamiento y mantenimiento. En la tabla 4 se observan los diferentes tipos de costos y sus actividades correspondientes.

Tabla 4. Componentes de los costos relacionados con la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Costos	Actividad	
Inversión	Estudios preliminares y Estudios de Suelo.	
	Diseño e Ingeniería	
	Construcción	
	Terreno	
	Gastos Administrativos, Legales y Financieros	
Funcionamiento	Operación y Mantenimiento	Energía eléctrica
		Insumos químicos
		Monitoreo de los procesos y de la calidad del agua
		Personal para operación y mantenimiento de las instalaciones
		Disposición de lodos
	Administrativos	Mantenimiento y reparación de equipos
		Personal administrativo
		Gastos generales
		Tasas ambientales

Fuente: (Guerrero Erazo et al., 2007)

El área de estudio del proyecto está dentro de la ciudad de Guayaquil, donde los sistemas de tratamiento operados por Interagua son lagunas, tanques sépticos, lodos activados, pantanos y se encuentra en proyecto plantas de tratamiento entre ellas Los Merinos y Las Esclusas. (Interagua, 2019). Adicional las urbanizaciones que no cuentan con sistema de alcantarillado se ven en la obligación de instalar plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), por ejemplo, urbanizaciones como La Joya, Villa Club, Ciudad Celeste I y II cuentan ya con estos sistemas, en donde una vez culminado el proceso biológico las aguas tratadas son reutilizadas para el riego de las áreas verdes (Rivera & Casas, 2005).

En base a los datos que se logró obtener se utilizaron los costos de la planta de tratamiento Ciudad Celeste I y II, la cual tuvo un costo inicial de inversión de \$450.000, trata 2.790 m<sup>3</sup> y recoge aguas domésticas de 14.000 habitantes, por su alta tecnología no requiere de mucho personal, para este caso se consideraron 3 operadores con un salario básico. (CODEMET, 2018)

Para obtener los costos de consumo eléctrico en la PTAR se utilizó el Estudio de Impacto Ambiental: “Construcción, Operación y Mantenimiento del Conjunto Residencial Ciudad Celeste Etapas: Urbanizaciones 9,10,11,12,13,14 y Centro Comercial La Plazza”, donde se detallan los equipos que utiliza la planta de tratamiento para su funcionamiento y su respectiva potencia (CORPACEL, 2015). Por último, para estimar el costo de mantenimiento y operación se utilizó la metodología que plantea Guerrero Erazo et al. (2007) que consiste en utilizar un análisis del costo de sistemas con similares características. Por lo tanto, se utilizará el estudio de Arce (2013), ya que también es una planta de tratamiento de aguas residuales para urbanizaciones, y el costo de inversión y capacidad de número de habitantes es similar al de la PTAR de Ciudad Celeste I y II.

Tabla 5: Consumo eléctrico en la PTAR.

Lugar del proceso	Equipo	Potencia (hp)	Tiempo (h)	Consumo diario (kwh)	Consumo anual (kwh)	Tarifa eléctrica	Costo anual (\$)
Ecuador	Aireador	5	16	59,66	21.477,60	0,1047	2.248,70
Ecuador	Aireador	5	16	59,66	21.477,60		2.248,70
Laguna Aireada	Aireador	30	18	402,68	144.964,80		15.176,68
Laguna Aireada	Aireador	15	18	201,34	72.482,40		7.588,91
Clarificador	Blower	5	12	44,74	16.106,40		1.686,34
Digestor de Lodos	Aireador	5	10	37,29	13.424,40		1.405,53
Digestor de Lodos	Aireador	5	10	37,29	13.424,40		1.405,53
<b>Total</b>							

Fuente: (Corpcel, 2015)

Tabla 6: Costo de mantenimiento en la PTAR.

Lugar del proceso	Equipo	Mantenimiento anual
Ecuador	Aireador	480
Ecuador	Aireador	480
Laguna Aireada	Aireador	1200
Clarificador	Blower	300
Laguna Aireada	Aireador	1200
Digestor de Lodos	Aireador	480
Digestor de Lodos	Aireador	480
<b>Total</b>		<b>4620</b>

Fuente: (Arce, 2013)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Valoración económica del servicio de almacenamiento de carbono*

Aplicando la ecuación alométrica (1), fórmula de cálculo de carbono total (2), carbono equivalente (3) y la respectiva valoración económica ambiental (4) se obtienen los siguientes resultados para el manglar *Rhizophora mangle* o mangle rojo y *Laguncularia racemosa* y mangle blanco, presentes en el Golfo de Guayaquil.

Tabla 7. Valoración económica de la captura de carbono del Manglar Rojo y Blanco.

Ecosistema	Especie de Manglar	Nombre Científico	DAP (cm)	Biomasa (Ton/ha)	Precio Mercado Carbono (US\$/ton CO <sub>2</sub> )	Valor Económico (US\$/ha)
Bosque Nativo	<i>Rm</i>	Rhizophora mangle	18,55	242,88	0,30	133,71
	<i>Lr</i>	Laguncularia racemosa	14,75	117,84		64,87
<b>Total</b>				<b>360,73</b>		<b>198,58</b>

*Valoración económica del servicio filtración de aguas residuales*

El valor económico del servicio ambiental de filtración de aguas residuales se logró obtener al sumar todos los costos que requiere el funcionamiento y mantenimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales, con relación al caudal total de la planta utilizada como sustituto y dividido para el número de hectáreas que comprende el área de estudio (42071, 148 ha).

Tabla 8. Valor económico del servicio de filtración de aguas residuales.

Costo de Consumo Eléctrico (\$)	31760,39
Costo de Mantenimiento (\$)	4620
Personal para operación y mantenimiento (\$)	14400
Caudal (m <sub>3</sub> )	2790
Área (ha)	42071,148
Valor por m <sup>3</sup> de agua (\$/m <sup>3</sup> )	<b>18,20</b>
Valor por ha de agua (\$/ha)	<b>1,21</b>

*Valor económico Total (VET)*

Tabla 9. Valor económico Total de los servicios ecosistémicos.

Servicio Ambiental	Valor estimado (US\$/ha)	Valor Económico Total (VET) (US\$/ha)
Almacenamiento de Carbón	198,58	\$199,79
Filtración de Agua	1,21	

Para captar la totalidad de los valores que componen un ecosistema forestal, como el bosque de mangle, se utiliza el concepto del Valor Económico Total (VET). La tabla 9 muestra los valores de los dos servicios ambientales tomados en cuenta en esta investigación. El VET se obtuvo a partir de la valoración del servicio de almacenamiento de carbono, donde cada hectárea de manglar tiene un valor de \$198,58 y en el caso del servicio de filtración de agua cada m<sup>3</sup> tiene un valor de \$18,20 y esto con relación al número de hectáreas da un valor de \$1,21, por lo tanto el valor económico total es de \$199,79 al año.

## CONCLUSIONES

Existen una gran variedad de servicios ecosistémicos que proporcionan los manglares, a través de sus funciones productivas, ecológicas y de protección. En un inicio se previeron estimar algunos de estos servicios, pero debido a las limitaciones de información sólo se tomaron en cuenta dos servicios, el del almacenamiento del CO<sub>2</sub> y el de filtración de agua. Para la estimación del primero, no se tomó en cuenta el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en el suelo, únicamente el CO<sub>2</sub> almacenado por el bosque de mangle, lo que podría ser un complemento para este estudio para investigaciones futuras.

Para determinación de la biomasa y posterior valoración económica se tomó en cuenta sólo dos de las tres especies más representativas del área de estudio, la *Rhizophora mangle* (Mangle Rojo) y *Laguncularia racemosa* (Manglar Blanco) debido a la obtención de los datos del estudio Evaluación de los servicios ecosistémicos de un estuario tropical urbanizado con un enfoque en hábitats y escenarios, realizado en el Golfo de Guayaquil, y el estudio Composición y Estructura de los Manglares del Borde, Puerto el Morro, Provincia del Guayas, Ecuador, obteniendo los datos del diámetro de altura al pecho (DAP) (cm) y densidad ( $\rho$ ).

El valor económico del servicio ambiental de filtración de aguas residuales se estimó a partir de la suma de todos los costos que requiere el funcionamiento y mantenimiento de una PTAR con relación al caudal total de la planta utilizada como sustituto, obteniendo un valor de 18,20 US\$/m<sup>3</sup>, y un valor de 1,21 US\$/ha. Asimismo, el beneficio económico que se obtiene de la captura de carbono es de 198,58 US\$/ha, lo que significa que la conservación de los manglares en el Golfo de Guayaquil representa una ganancia económica total de 199,79 US\$.

El método adecuado para estimar la biomasa y carbono va a depender mucho de las condiciones de los ecosistemas forestales, puesto que se busca obtener datos confiables, es por ello que para la elección final de un método se deben considerar los recursos existentes y las condiciones en las que se encuentren los ecosistemas, para ello es necesario realizar el uso y manejo de imágenes satelitales que necesariamente deberán estar acompañadas del muestreo en campo y de la validación de los modelos que se vayan a generar.

## AGRADECIMIENTOS

Este artículo es el resultado de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la asignatura de Socioeconomía Ambiental, impartida por el PhD. Fabián Rodríguez, a quien se dirige nuestro agradecimiento, por inspirar día a día a sus estudiantes en la labor de investigación.

**REFERENCIAS**

- Arce, L. (2013). *Urbanizaciones sostenibles: descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales*, Tesis de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/4568>
- Astudillo, K. & Rodríguez, F. (2020). Valoración económica de los servicios ambientales del parque ecológico recreacional La Perla. *Revista GEOESPACIAL*, 17(1), 29-58.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers., J.Q., Eamus, D., Fölster, H., F. Fromard, Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.-P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B. & Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *ECOSYSTEM ECOLOGY*, 145(7), 87-99.
- CLIRSEN. (2006). Actualización del estudio multitemporal de manglares, camaroneras y áreas salinas en la costa continental ecuatoriana al año 2006. Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos. Quito, Ecuador. <http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/docs2013/manglares/Informe%20Final%20PMRC-CLIRSEN.PDF>
- CODEMET. (2018). *Urbanización ciudad celeste, Plantas de tratamiento domésticas* [En línea]. Guayaquil, Ecuador. <https://www.codemet.com/portfolio/urbanizacion-ciudad-celeste-i/>
- CORDIS. (2008). *Los manglares periurbanos como filtros y potenciales fitorremediadores de las aguas residuales domésticas en África Oriental* [En línea]. Community Research and Development Information Service. <https://cordis.europa.eu/article/id/89377-wastefiltering-mangroves-to-the-rescue/es>
- CORPASEL (2015) *Estudio de Impacto Ambiental: “Construcción, Operación y Mantenimiento del Conjunto Residencial Ciudad Celeste Etapas: Urbanizaciones 9,10,11,12,13,14 y Centro Comercial La Piazza”* [En línea]. CORPORACION CELESTE S.A. <https://www.yumpu.com/es/document/read/40860794/ciudad-celestepdf-prefectura-del-guayas>
- CPSS. (2019). *Actualización del Plan de Acción para la Conservación de los Manglares en el Pacífico Sudeste* [En línea]. Comisión Permanente del Pacífico Sur, Secretaría Ejecutiva del Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste. <http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/docs2020/enero2020/AG-GC/DocumentosGC/CPSS%20%282019e%29.pdf>
- Darquea, J. (2019). *Reconcimiento de servicios ecosistémicos del manglar por la comunidad y tomadores de decisiones en el Golfo de Guayaquil, Ecuador*, Tesis de Doctorado, Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Ecuador. [https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/FB9D1EAE-00CF-C19F-0E77-89269CF54249/attachments/FORO1\\_MANGLAR.pdf](https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/FB9D1EAE-00CF-C19F-0E77-89269CF54249/attachments/FORO1_MANGLAR.pdf)
- Franco, M. (2019). *Valoración del presupuesto comercial de los bienes y servicios ecosistémicos ofertados por el manglar, caso de estudio Asociación de Cangrejeros 6 de Julio*, Tesis de Ingeniería, Universidad de Guayaquil. Repositorio Internacional de la Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/45802>
- Freire, J. (2021). *Composición y estructura de los manglares de borde, Puerto El Morro, Provincia del Guayas*. Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil. [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/52772/1/Freire\\_Joselyne\\_Tesis.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/52772/1/Freire_Joselyne_Tesis.pdf).
- Fundación Heifer Ecuador. (2020). *Competitividad de las Comunidades Concesionarias de Manglares en el Golfo de Guayaquil* [En línea]. Heifer International, Fundación Heifer Ecuador. [https://www.heifer-ecuador.org/wp-content/uploads/2019/10/Consultor%C3%ADa-1.5Alfabetizaci%C3%B3nDigital\\_REV1-2.pdf](https://www.heifer-ecuador.org/wp-content/uploads/2019/10/Consultor%C3%ADa-1.5Alfabetizaci%C3%B3nDigital_REV1-2.pdf)

- Giri, C., Zhu, Z., Tieszen, L., Singh, A., Gillette, S., & Kelmelis, A. (2008). Mangrove forest distributions and dynamics (1975–2005) of the tsunami-affected region of Asia. *Journal of Biogeography*, 35, 519-528. [www.blackwellpublishing.com/jbi](http://www.blackwellpublishing.com/jbi).
- Guerrero Erazo, J., Salas Quintero, D., & Zapata, M. (2007). Modelo de costos para el tratamiento de las aguas residuales en la región. *Scientia et Technica*, 5(37), 591–596.
- Hamilton, S., & Lovette, J. (2015). Ecuador's mangrove forest carbon stocks: A spatiotemporal analysis of living carbon holdings and their depletion since the advent of commercial aquaculture. *PLoS One*, 10(3), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118880>
- Interagua. (2019). *Informe anual año 18 agosto 2018 a julio 2019* [En línea]. International Water Services Interagua C. Ltda. Guayaquil, Ecuador.
- La Prefectura del Guayas. (2011). *Biodiversidad del Guayas Conociendo nuestra verdadera riqueza* [En línea]. Dirección de Medio Ambiente, Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia del Guayas. Guayaquil, Ecuador.
- MAE. (2015). *Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado* [En línea]. Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador.
- MAE. (2017). *Plan Nacional para la Conservación del Manglar* [En línea]. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Quito – Ecuador.
- MAE. (2020). *Turismo sostenible, una realidad en Isla Santay* [En línea]. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Quito, Ecuador.
- Marchand, M. (2008). *Mangrove restoration in Vietnam*. WRU/TUD. <https://n9.cl/kvqh7>
- Mendoza, M. (2018). Biomasa aérea y captura de carbono en manglares de la zona árida del noroeste de México: Bahía del Tóbari y estero El Sargento, Sonora. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 24(3), 387-403.
- Mendoza Avilés, H. E., Barreto Peláez, Á, E., Morla Pineda, J. C., Mera Carreño, P., & López Bastida, E. J. (2020). Valoración socioeconómica y ecológica en la dinámica del comercio justo de los usuarios del ecosistema de manglar. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(6), 170-175.
- Múnera, J. (2006). El método de transferencia de beneficios para la valoración económica de servicios ambientales: estado del arte y aplicaciones. *Semestre Económico*, 9(18), 107-124.
- OMPI. (2018). *Preguntas frecuentes: Transferencia de conocimientos en las universidades Consideraciones y conceptos importantes* [En línea]. Organización mundial de la Propiedad intelectual. Ginebra, Suiza.
- Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura. (2006). Descripción de los manglares - Ecuador. FAO. <http://www.fao.org/forestry/mangrove/vegetation/es/ecu>
- Pernía, B., Mero, M., Cornejo, X., & Zambrano, J. (2019). Impactos de la contaminación sobre los manglares de Ecuador. Molina Moreina, N. & Galvis, F. (Comp). Primer Congreso Manglares de América. Universidad Espíritu Santo. Samborondón - Ecuador.
- Rivera, E. S., & Casas, S. W. (2005). Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares. *Gaceta Ecológica*, 74, 55–68.
- Rosenberger, R., Loomis, J. (2003), Data for "A Primer on Nonmarket Valuation": Chapter 12. United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 59 p. <https://www.fs.usda.gov/rmrs/data-primer-nonmarket-valuation-chapter-12>
- SENDECO2. (2018). *Precios CO2* [En línea]. Sistema Europeo de Negociación de CO2. Barcelona, España. <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>

- Solá, M. (2016). *Impacto económico de la pérdida de los servicios ambientales del manglar en Guayas*. Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11508/Marcela%20Sola-%20Impacto%20econ%C3%B3mico%20de%20la%20p%C3%A9rdida%20de%20los%20servicios%20ambientales%20del%20Guayas.pdf?sequence=1>
- Soto, L. (2010). *Un caso de tensiones sociales generado por las políticas ambientales: Refugio de Vida Silvestre "Manglares el Morro"*. Tesis de Maestría. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador. Quito, Ecuador. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/2485/4/TFLACSO-LMSN2010.pdf>
- Tanner, N., Costa, M., Jarrin, J., Oropeza, O., & De León, P. (2019). Mangroves in the Galapagos: Ecosystem services and their valuation. 160. 12-24. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.01.024>
- UNEP (2014). *The Importance of Mangroves to People: A Call to Action*. van Bochove, J., Sullivan, E., Nakamura, T. (Eds). United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, Cambridge. 128 pp.
- Vegh, T., Jungwiwattanaporn, M., Pendleton, L., & Murray, B. (2014). *Mangrove Ecosystem Services Valuation: State of the Literature*. NI WP 14-06. Durham, NC: Duke University.
- Zapata, C., Puente, A., García, A., Alba, J., & Espinoza, J. (2018). Assessment of ecosystem services of an urbanized tropical estuary with a focus on habitats and scenarios. PLOS ONE. 13(10), e0203927. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0203927>