

# VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL BOSQUE PROTECTOR CERRO BLANCO, GUAYAQUIL ECUADOR

## *ECONOMIC VALUATION OF THE ECOSYSTEM SERVICES OF THE CERRO BLANCO PROTECTIVE FOREST*

**Fernando Cervantes\*, James Imbaquingo, Daidier León**

*Departamento de Ciencias de la Tierra y Construcción, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Av. Gral Rumiñahui s/n y Ambato, Sangolquí, Ecuador. fdcervantes@espe.edu.ec; jsimbaquingo1@espe.edu.ec; dbleon@espe.edu.ec*

*\* Autor de correspondencia: Fernando Cervantes. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*

Recibido: 16 de noviembre 2021

/

Aceptado: 18 de junio 2022

---

### RESUMEN

La valoración económica de un servicio ecosistémico es sustancial para conocer el precio de un recurso natural que nos proporciona un bien o servicio a la sociedad, la presente investigación se centra en valorar los servicios ecosistémicos de almacenamiento de carbono y belleza escénica y recreación, del Bosque Protector Cerro Blanco que se encuentra ubicado en la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, que cuenta con una superficie de 6078 hectáreas. Dentro de la metodología para la valoración de almacenamiento de carbono se utilizó una imagen satelital Sentinel-2 y el inventario forestal del bosque, para el cálculo del NDVI y posteriormente la biomasa aérea y carbono almacenado. En cambio, para la valoración de belleza escénica y recreación se utilizó la metodología de costo de viaje zonal, en el cual se establecieron 4 zonas, para el cálculo se utilizaron datos del número de visitantes, ciudad de procedencia, número de habitantes de las ciudades de procedencia y precio del combustible. El valor económico del servicio ambiental de almacenamiento de carbono obtenido es de \$850210,76 USD equivalente a \$175,68 USD/ha y el valor económico del servicio ecosistémico de belleza escénica y recreación es de \$11401,15 USD para el año 2020.

**Palabras clave:** valoración económica, servicios ecosistémicos, NDVI, biomasa, almacenamiento de carbono

---

### ABSTRACT

The economic valuation of an ecosystem service is significant to estimate its value in order to support environmental policies, the present study focuses on valuing carbon storage and aesthetic and recreation services of the Cerro Blanco Protective Forest located in Guayaquil, Ecuador. This reserve has an area of 6078 hectares. Sentinel-2 satellite images and forest inventory were used to estimate the NDVI and subsequently aerial biomass and carbon storage value. On the other hand, aesthetic and recreation service, was estimated using the zonal travel cost method. Zones were established based on data involving the number of visitors, city of origin, number of inhabitants of the cities of origin. The economic value of the environmental carbon storage service obtained is \$850210.76 USD equivalent to \$175.68 USD/ha and the economic value of the ecosystem service of aesthetic and recreation is \$11401.15 USD for the year 2020.

**Key words:** economic valuation, ecosystem services, NDVI, biomass, carbon storage

## INTRODUCCIÓN

La riqueza ambiental es la base primordial para el desarrollo social y económico, que depende del estado de los recursos naturales para brindar un flujo de bienes y servicios a la sociedad, generado por la actividad económica, estos recursos carecen de un mercado es decir que se desconoce su precio, es por su ausencia de valoración que se lleva a la sobre explotación o el uso inadecuado al bienestar social, por lo cual es necesario realizar una valoración económica que permita estimar el impacto ambiental de las actividades productivas o de consumo (Osorio, 2004). Para David Pearce (1993), la esencia de dicha valoración sobre el medio ambiente es encontrar la disposición a pagar por obtener los beneficios ambientales. Es decir, revelar el verdadero costo del uso y escasez de los recursos naturales, que requiere de cuantificar la disposición social a pagar por usuarios y no usuarios de los recursos, mediante un indicador monetario. La valoración es además un tema que viene conjuntamente relacionado con la gestión sobre los sistemas ecológicos, en donde los cambios generados tendrán un impacto en el bienestar humano, esta variedad de beneficios se ve agregada en el concepto económico valor económico total, que es igual a la suma del valor de uso real directo, el valor de uso indirecto, el valor de opción, y el valor de existencia. Se define al valor de uso real directo, como la utilización tangible que se da a los recursos naturales, mientras que el valor de uso indirecto es la conservación de dichos recursos. Por consiguiente, el valor de opción es la disposición a pagar por la conservación de un bien o servicio ambiental que pueda o no ser utilizado en el futuro y finalmente el valor existencial es el que relaciona un bien ambiental con ningún uso (Osorio, 2004).

Para resaltar la valoración del Bosque Protector Cerro Blanco es significativo mencionar algunos aspectos y características del bioma Bosque Seco Tropical. Se estima que entre el 20-23% de las emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial son capturadas por los bosques secos tropicales. Al capturar el carbono, son bosques que ayudan a remediar algunos problemas ambientales, entre ellos el calentamiento global y el cambio climático. La captura de carbono se realiza únicamente durante el estado de desarrollo de los árboles, los cuales absorben CO<sub>2</sub> atmosférico. Las plantaciones forestales, por la gran cantidad de biomasa que producen por unidad de área, fijan anualmente una alta cantidad de CO<sub>2</sub>, que permanece acumulado en los árboles por largos periodos de tiempo. (Aguirre & Tinoco, 2013).

En América Latina, como en otras regiones, las estrategias de conservación son cada vez más biorregionales, operando en una escala de los ecosistemas y el paisaje más amplio para conservar la diversidad biológica y cultural (Horstman, 2017). Ecuador es uno de los países con mayores tasas de deforestación en el Neotrópico en las tres últimas décadas (Ganzenmüller et al., 2010). Un estudio de CLIRSEN (2003) calcula la tasa de deforestación anual de 198.000 ha entre 1991 y 2000 en el Ecuador. Dentro de la región Costa, el proceso socioeconómico más involucrado a la deforestación es la extracción maderera que se incorpora al mercado nacional tanto como el internacional. Cabe mencionar que la provincia del Guayas históricamente ha formado parte del sector económico de la extracción de recursos madereros. El 37% de la provincia del Guayas está constituida por remanentes de ecosistemas naturales y de esta superficie, aproximadamente un 24% está en alguna categoría de protección y/o manejo ya sea área protegida, bosque protector o concesión de manglar. El proyecto de investigación siguiente trata acerca de una de estas categorías de protección, siendo el Bosque Protector Cerro Blanco, un bosque seco tropical ubicado en la provincia del Guayas. Se han definido cinco categorías de vegetación natural potencial que existen en el Cerro Blanco: Bosque Seco de Llanura, Bosque Seco de Vertientes Rocosas, Bosque Húmedo de Quebradas, Bosque Subhúmedo de Mesetas y Bosque Subhúmedo de Cumbres. En relación al endemismo, el 22% de las especies de aves registradas en Cerro Blanco son Endémicas Tumbesinas y otro 5% son casi endémicas, al menos 9 especies de mamíferos presentes en el bosque, se ubican en alguna categoría de amenaza.

En la zona de Planificación urbana que el Municipio de Guayaquil define como Chongón, se tiene poblaciones aledañas al Bosque Protector Cerro Blanco que son: Parroquia Chongón, Barrio Las Américas, Barrio Nueva Esperanza, Recinto San Gerónimo y Recinto Puerto Hondo; mientras que las poblaciones de influencia directa comprende áreas muy cercanas al Bosque Protector Cerro Blanco, estas poblaciones son: Recinto Bajo Verde, Recinto El Bálsamo, San Pablo de Costa Azul, Recinto Aguas Negras y Cooperativa Agropecuaria Presidente Eloy Alfaro (Cun, 2012). Estas áreas de influencia poblacionales tienen un rol fundamental en el aspecto socioeconómico del sector ya que se caracteriza la provincia del Guayas por ser altamente productiva, la agricultura, ganadería y demás actividades, ha implicado un alto grado de conversión de los ecosistemas naturales, además que históricamente ha existido una extracción de los recursos madereros.

Según Fernández, Henríquez & Ycaza (2003), la economía ambiental intenta encontrar una conexión entre los bienes ambientales y sus consumidores, por esta razón se ha dado más importancia al estudio de valoración económica de los recursos naturales. Existen métodos de valoración directos e indirectos. Los métodos indirectos utilizan las decisiones de los consumidores (preferencias reveladas) y los métodos directos preguntan a los consumidores cuánto están prestos a pagar o admitir por una modificación en el entorno ambiental (método de la valoración contingente). La metodología de la Valoración Contingente en el Bosque Protector Cerro Blanco dio como resultado una valoración de uso en 5396,46 dólares para los primeros tres meses del año; esta investigación muestra aquellas variables que influye en la probabilidad (condicionada a una serie de características) de una decisión de pago bajo escenarios hipotéticos de tarifas distintas como: una tarifa entre 2,75 y 5 dólares a ecuatorianos, asimismo, una tarifa entre 5,25 y 10 dólares a los turistas extranjeros y finalmente, una tarifa entre 12,25 y 15 dólares a los turistas extranjeros si optan por un servicio especial.

## **METODOLOGÍA**

### **ÁREA DE ESTUDIO**

El Bosque Protector Cerro Blanco es una reserva con 6.078 ha de Bosque Seco Tropical ubicado en la última extensión sudeste de la Cordillera Chongón Colonche, Provincia del Guayas, Cantón Guayaquil, Parroquia Chongón y Tarqui, dentro de la jurisdicción del Distrito Regional del Guayas, Los Ríos y El Oro del Ministerio del Ambiente. El acceso principal se realiza por la carretera Guayaquil-Salinas, también conocida como Vía a la Costa. Los servicios ecosistémicos que se pueden encontrar en el bosque seco que dan un beneficio a la comunidad son: almacenamiento de CO<sub>2</sub>, agua, oxígeno, hábitat de biodiversidad, belleza escénica y recreación.

**Coordenadas:** 2°10'9.20"S; 80° 1'7.77"W

**Ubicación:** Bosque Protector Cerro Blanco, Cantón Guayaquil, Provincia del Guayas

**Altitud:** 50 - 450 m.s.n.m

**Superficie:** 6078 hectáreas

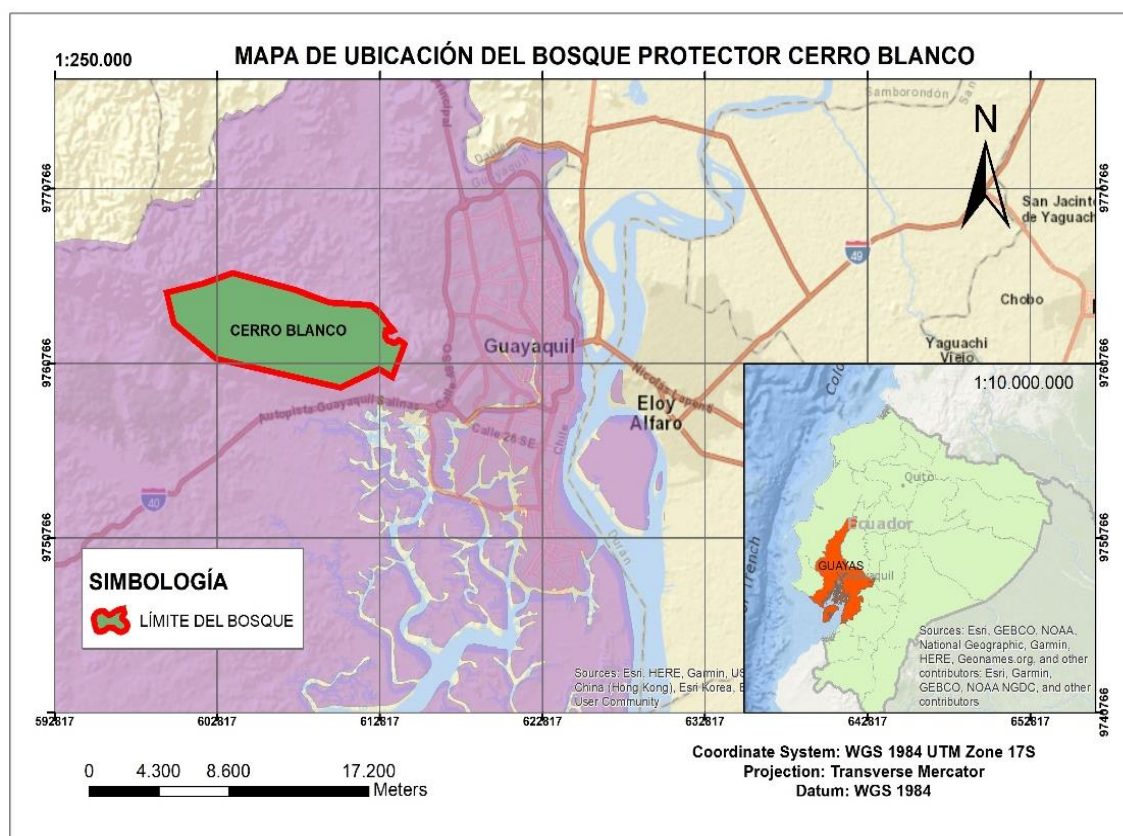


Figura 1. Zona de estudio

## VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO AMBIENTAL ALMACENAMIENTO DE CARBONO

El valor económico del servicio ambiental de almacenamiento de carbono del Bosque Protector Cerro Blanco se obtuvo a través de imágenes satelitales Sentinel-2, para conseguir datos del índice de vegetación (NDVI) a través de los niveles digitales. Seguido de esto, para la estimación de biomasa se trabajó con información del “Estudio florístico de la vegetación presente en el Bosque Protector Cerro Blanco”, así generar una ecuación de regresión que denota la variabilidad de la biomasa respecto a las condiciones biofísicas del lugar y el índice de vegetación en relación con los valores de biomasa, que permite generar un modelo exponencial de regresión.

### ANÁLISIS DE IMÁGENES

Se descargaron imágenes de la flota de Sentinel-2 que está formada por dos satélites los cuales tienen una resolución temporal de 5 días, con un barrido de 290 km de ancho, las imágenes están formadas por 13 bandas, con una resolución espacial para cada una de las bandas como se observa en la tabla 1. Las imágenes tomadas de Sentinel-2 se obtienen mediante el uso de la plataforma Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>) de la Agencia Espacial Europea (ESA). Sentinel-2, compuesta por dos satélites, Sentinel-2A y Sentinel-2B, cada uno con un instrumento

multiespectral (MSI) y un ancho de banda amplio que proporciona imágenes multiespectrales capaces de analizar cualquier actividad en la superficie terrestre para mapear, analizar y procesar las diferentes coberturas.

Tabla 1. Bandas del satélite Sentinel-2

<b>Banda Sentinel 2</b>	<b>Longitud de onda central (um)</b>	<b>Resolución espacial (m)</b>
Banda 1-coastal aerosol	0.443	60
Banda 2-azul	0.490	10
Banda 3-verde	0.560	10
Banda 4-rojo	0.665	10
Banda 5-Vegetation Red Edge	0.705	20
Banda 6-Vegetation Red Edge	0.740	20
Banda 7-Vegetation Red Edge	0.783	20
Banda 8-NIR	0.842	10
Banda 8A-Vegetation Red Edge	0.865	20
Banda 9-Vapor de agua	0.945	60
Banda 10-SWIR-cirros	1.375	60
Banda 11-SWIR	1.610	20
Banda 12-SWIR	2.190	20

Fuente: (IGN, 2018)

## TRATAMIENTO DE LAS IMÁGENES SATELITALES

Las imágenes satelitales de Nivel-2A de Sentinel-2, son productos del Nivel 1C evolucionados donde se aplican correcciones atmosféricas para obtener las ortoimágenes con niveles digitales denotados en valores de reflectancia a nivel de superficie (BOA, Bottom-Of-Atmosphere reflectances) (IGN, 2018). Las imágenes Sentinel de un alto procesamiento como son el nivel 1C y nivel 2A están habilitadas al público. El primero corresponde a imágenes con datos ortorectificación sobre la capa superior de la atmósfera TOA (por sus siglas en inglés de Top of Atmosphere), con correcciones geométricas y radiométricas; y el nivel 2A contiene los datos del nivel 1C con los valores de reflectancia corregidos al nivel más bajo de la atmósfera las siglas BOA corresponden al inglés (Bottom of Atmosphere). Estas correcciones proporcionan imágenes con una mejor calidad (Gatti & Bertolini, 2015).

El NDVI (diferencia normalizada entre la reflectividad de la banda infrarroja y la roja) es un índice para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación en base a la intensidad de radiación que emite la vegetación y son captadas en la banda 8 y la banda 4 en el caso de Sentinel-2, la vegetación se muestra parcialmente oscura en la región de radiación fotosintética activa (B4) y parcialmente brillante en el infrarrojo cercano (B8), la razón de ser una de las más utilizadas es por la sencillez de su cálculo que se representa de la siguiente manera:

$$NDVI = \frac{(B8 - B4)}{(B8 + B4)} \quad (1)$$

En donde la (B8) es la banda del infrarrojo cercano y (B4) es la banda del rojo, están en un rango de variación fijo (entre -1 y +1), está directamente relacionado con la capacidad fotosintética y, por tanto, con la absorción de energía por la cobertura arbórea (Cúnsulo et al., 2012).

## ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA

La información para la estimación de la biomasa aérea se obtuvo a partir del “Estudio florístico de la vegetación presente en el Bosque Protector Cerro Blanco” elaborado por Marín et al., (2018) y la “Guía dendrológica de especies forestales de los bosques secos del Ecuador” elaborado por Aguirre (2012), en el cual se determinaron dos puntos altitudinales a 302 msnm y a 162 msnm, de acuerdo con la clasificación de ecosistemas del Ecuador Continental sus coberturas son Bosque Deciduo de la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial y Bosque Semideciduo de la Cordillera Costera del Pacifico Ecuatorial, respectivamente. Se realizaron dos transectos de 25m de largo x 5m de ancho, estos fueron establecidos en los puntos altitudinales antes descritos.

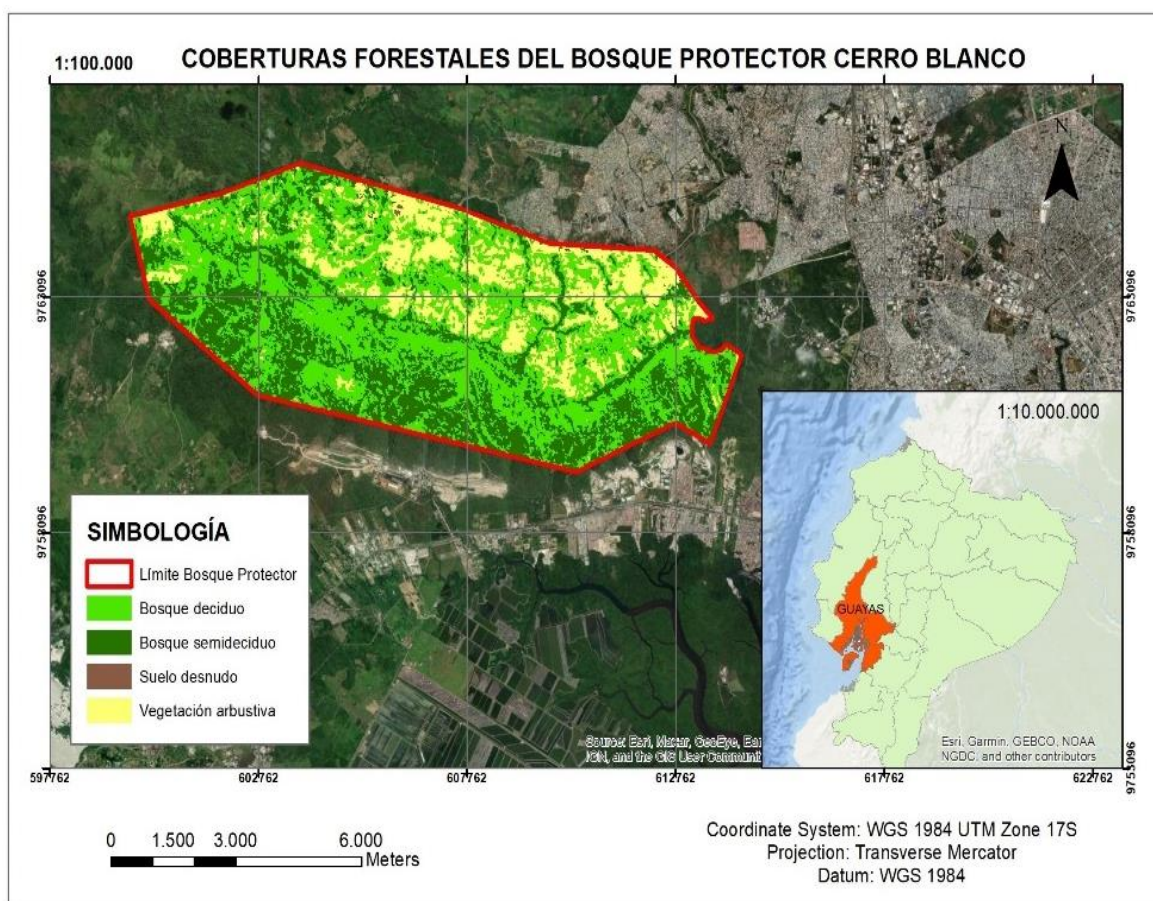


Figura 2. Coberturas forestales del Bosque Protector Cerro Blanco

Tabla 2. Inventario forestal Bosque Protector Cerro Blanco

Familia	Especie	DAP (cm)	Altura (m)	Individuos
<b>Boraginaceae</b>	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	50	20	1
	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.)	30	11,5	5
	<i>Pisonia floribunda</i> Hook	18	12	14
<b>Annonaceae</b>	<i>Annona muricata</i> L.	19	7	3
<b>Fabaceae</b>	<i>Centrolobium ochroxylum</i> Rose ex Rudd	70	25	1
	<i>Machaerium millei</i> Standl.	22,5	11	14
	<i>Erythrina velutina</i> Willd	20	14	3
<b>Polygonaceae</b>	<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A. Mey.	70	14	4
<b>Mimosaceae</b>	<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W. Grimes	20	18	4
<b>Verbenaceae</b>	<i>Vitex gigantea</i> Kunth	80	30	1
<b>Sterculiaceae</b>	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	35	11,5	13
<b>Bombacaceae</b>	<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	40	15	1
	<i>Pseudobombax guayasense</i> A. Robyns	60	20	2
<b>Capparaceae</b>	<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.	20	9	9
<b>Rhamnaceae</b>	<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth.	23,74	6,98	1
<b>Capparidaceae</b>	<i>Capparis petrolaris</i> kunth	19,4	6,2	16
<b>Caricaceae</b>	<i>Vasconcellea parviflora</i> (A. DC.)	3	2	2
<b>Malvaceae</b>	<i>Ceiba trichistandra</i>	30,03	5,67	2
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	27,25	8	11
<b>Lecytidaceae</b>	<i>Gustavia angustifolia</i> Benth.	9,01	4,21	31
<b>Rubiaceae</b>	<i>Simira ecuadorensis</i> (Standl.) Steyerl.	11,5	5,59	15
<b>Anacardiaceae</b>	<i>Spondia mombin</i> L.	20,69	8	1
<b>Número total de individuos</b>				<b>154</b>

Fuente: (Marín et al., 2018)

Para la estimación de la biomasa aérea forestal (BA) se utilizó la ecuación 2 propuesta por Chave et al., (2005) (citado en Astudillo & Rodríguez, 2020).

$$BA \left( \frac{kg}{\text{árbol}} \right) = \rho * \exp(-1.499 + 2.148 \ln(DAP) + 0.207(\ln(DAP))^2 - 0.0281(\ln(DAP))^3) \quad (2)$$

Donde DAP es el diámetro del árbol en centímetros y la altura es el promedio de la altura de la especie en metros. La densidad que se utilizó es el valor promedio de 0,645 g/cm<sup>3</sup> obtenido por Chave (2006) en un estudio regional de los bosques neotropicales pertenecientes a Centroamérica y Sudamérica.

Para calcular la biomasa arbórea por hectárea de bosque se emplea la ecuación 3, dónde se realiza la sumatoria de la biomasa de cada especie encontrada en cada transecto (Rügnitz et al., 2008). Finalmente se multiplica el valor resultante por 154, número de individuos totales resultantes de las dos parcelas muestreadas.

$$BA \left( \frac{t}{ha} \right) = \left( \frac{\sum BA \left( \frac{kg}{\text{árbol}} \right)}{1000} \right) * \frac{10000}{\text{área de la parcela}} \quad (3)$$

El contenido de biomasa por tipo de coberturas, fue obtenida con la metodología propuesta por Rodriguez (2015), por medio del modelamiento de variables obtenidas de los inventarios forestales, generando una ecuación de regresión que refleja la variabilidad de la biomasa respecto a las condiciones biofísicas de un sitio. El índice de vegetación en relación con los valores de biomasa, permitió generar un modelo exponencial de regresión (ecuación 4), en donde, “x” corresponde a los niveles digitales del NDVI, “y” corresponde a la biomasa.

$$y = 29103 * e^{-3.051x} \quad (4)$$

Una vez calculada la biomasa aérea forestal (BA), el contenido de carbono (C) se obtiene mediante la ecuación 5, multiplicando la biomasa total por un factor de conversión de 0,475 (Bindu et al., 2020), pero para este estudio se utilizará un factor de conversión redondo de 0,5.

$$C = BA * 0,5 \quad (5)$$

Se utilizó la ecuación 6 para la estimación del volumen de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) recomendada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (citado en Astudillo & Rodríguez, 2020), para comparar emisiones de gases de efecto invernadero. En donde C es igual al contenido de carbono y 3,67 es el factor de transformación.

$$CO_2 \text{ Total} = C * 3,67 \quad (6)$$

Por último, para la valoración económica del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono, se tomó el precio medio anual del 2021 (\$0,25 USD) de los Certificados de Emisiones Reducidas (CER), también llamados bonos de carbono, que bajo el mercado regulado son parte de las herramientas definidas en el Protocolo de Kioto para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, estas reducciones se miden en toneladas de  $CO_2$  equivalente. (SENDECO<sub>2</sub>, 2021)

## VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO AMBIENTAL DE BELLEZA ESCÉNICA Y RECREACIÓN

### MÉTODO DE COSTO DE VIAJE ZONAL

El Método de Costo de Viaje (MCV) es una metodología más para determinar valores de algunos tipos de bienes que carecen de mercado, el cual permite estimar el valor de los beneficios que le aporta a un individuo la visita a una determinada área natural, basándose en los costos que caen por el usuario para visitar el lugar, de esta forma, el valor de un recurso ambiental será estimado por los gastos ocasionados por la visita al sitio, incluido el transporte, el tiempo de viaje, la tarifa de entrada y otros gastos (Miotto et al., 2020).

Método de Costo de Viaje Zonal (MCVZ), el propósito es estimar la propensión media por visitar un determinado destino desde las distintas zonas en que se divide su área de



influencia, cuando se utiliza el MCV, se asume que el valor de uso recreativo de un recurso natural se refleja en la disposición de los visitantes a pagar por su visita, de modo que su decisión implica la existencia de un excedente asociado a su consumo. Conjuntamente a la consideración de los problemas de costos, la calidad de las instalaciones recreativas y los factores demográficos, también afectarán la elección y la frecuencia de las visitas (Miotto et al., 2020). La función de demanda queda expresada a continuación:

$$\frac{V_i}{P_i} = f(TC_i, X_i) + \varepsilon_i \tag{7}$$

Donde  $V_i$  es el número de visitas de la zona  $i$  al sitio en un período de tiempo determinado;  $P_i$  es la población total de la zona  $i$ ;  $TC_i$  es el costo total de viaje al sitio;  $X_i$  es un vector de características adicionales que incluyen ingresos, edad o género; y  $\varepsilon_i$  es un término de error. El concepto de costo total incluye nuevamente los costos de viaje, los costos de entrada y otros posibles costos adicionales (como el tiempo). A través de un modelo de regresión lineal, exponencial o logarítmica se ajusta la función de demanda. Finalmente, el excedente del consumidor se obtiene calculando el área bajo la curva de demanda, que se calcula integrando la curva de demanda desde el precio mínimo (normalmente igual a la tarifa de entrada si existe) al precio máximo donde la demanda es cero (Torres-Ortega et al., 2018).

Se obtuvo los resultados de encuestas del estudio de Lino Cortez (2021), sobre la “Valoración económica del servicio ambiental-turístico del Bosque Protector Cerro Blanco en un escenario covid-19”. La encuesta realizada dentro del estudio mencionado constaba de tres bloques, en el cual dentro del primer segmento incluía información sobre la procedencia del visitante.

Para realizar la metodología de costo de viaje zonal se elaboró un mapa en el cual divide los lugares alrededor del BPCB en 4 zonas. Se puede observar esto en la siguiente figura.

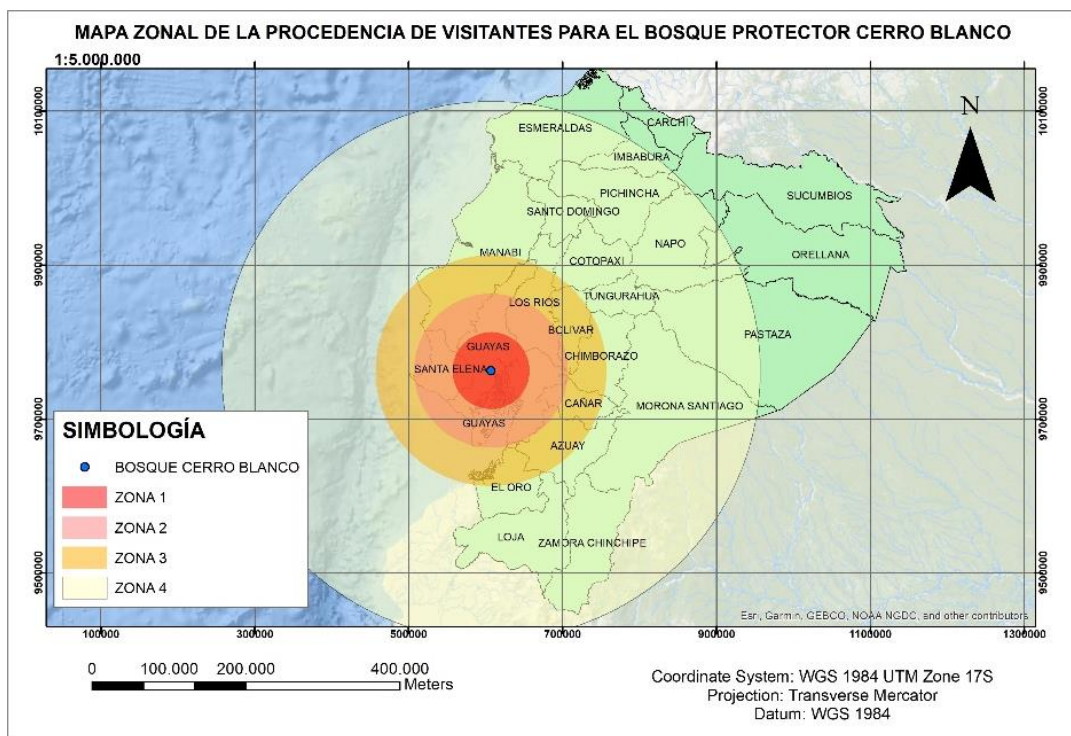


Figura 3. Zonas de procedencia de los visitantes

La distancia entre regiones es de 50 km exceptuando la última región que tiene una distancia de 200km, siendo la distancia del BPCB hacia la zona 1 de 50 km, desde el BPCB hacia la zona 2 de 100, desde el BPCB hacia la zona 3 de 150 km y finalmente desde el BPCB hacia la zona 4 de 350 km.

### COSTO DE VIAJE

El costo total de viaje incluye lo siguiente: costo de transporte del vehículo; tarifas de transporte aéreo, autobús y ferrocarril; tarifas de permiso a los vehículos para acceso a zonas recreativas y tarifas de barcaza. El costo de viaje por persona se estima dividiendo los gastos de viaje por el número de adultos en el grupo (Fleming & Cook, 2008). Pero para el estudio presente se calcula el costo de viaje utilizando únicamente el costo de transporte, que se obtiene mediante los kilómetros recorridos y costo de combustible. Los kilómetros recorridos se obtienen a partir del lugar de procedencia del visitante y el costo de combustible se obtuvo del promedio de combustibles Gasolina Extra y Diesel en el año 2020, siendo el valor de \$1,75 USD el galón de Gasolina Extra y \$1,30 USD el galón de Diesel (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020). Es también necesario conocer el consumo promedio de combustible por kilómetro, que según Pojani (2016), es de 2,37755 galones por cada 100 kilómetros para vehículos pequeños. Se utilizó la ecuación siguiente para calcular el costo de viaje:

$$\text{Costo de viaje} = (\text{km recorridos} * 2) * \left( \text{costo de combustible} \frac{\text{gal}}{\$} \right) * (\text{consumo de galones de combustible por kilómetro}) \quad (8)$$

## RESULTADOS

### SERVICIO ECOSISTÉMICO DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO

Se generaron las coberturas mediante la utilización del Software ENVI con su herramienta Clasificación No Supervisada tomando en cuenta el criterio del NDVI. Por lo tanto, teniendo en cuenta que el NDVI siempre resulta en valores entre -1 y 1, se podría decir que un  $\text{NDVI} < 0$  corresponden con cubiertas artificiales, zonas de agua, nubes, rocas, es decir, a clases no vegetales; un NDVI cercano a 0 corresponde a suelo desnudo o sin cubierta, y un NDVI elevado corresponde con zonas de vegetación.

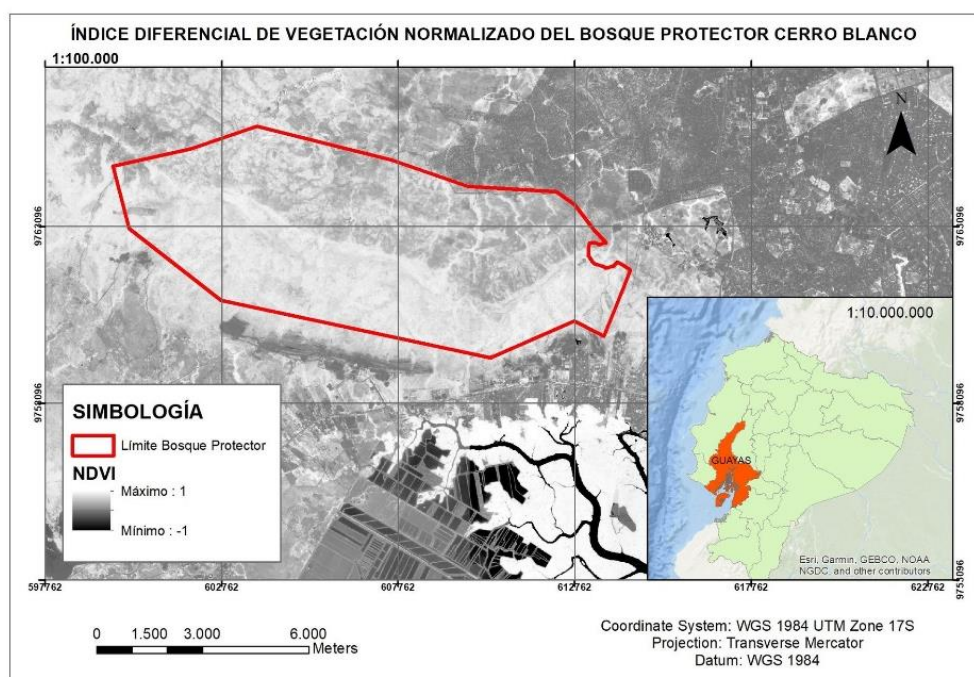


Figura 4. Índice Diferencial de Vegetación Normalizado del BPCB

Como se observa en la figura anterior, existe una tendencia de valores entre 0 y 1 dentro del límite del BPCB, lo cual es característico de los Bosques Semidecidual de la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial y Bosques Deciduo de la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial (Cartaya Ríos et al., 2015).

Tabla 3. Resultados de Biomasa por tipo de cobertura

Cobertura	Área (ha)	BA (Ton/ha)	NDVI
Bosque deciduo	2928,266	3017,654	0,74285
Bosque semideciduo	1911,206	4721,125	0,59615

Con los datos obtenidos de las parcelas muestreadas para los dos tipos de bosque en el BPCB, se obtuvo el valor de la biomasa arbórea en toneladas por hectárea. Con la ecuación exponencial resultante de su respectiva regresión se calculó con la herramienta Raster Calculator del software ArcMap la biomasa de toda la extensión de las coberturas presentes en la tabla num. El modelo de la regresión permitió establecer el valor en toneladas de la biomasa para cada NDVI identificado en las diferentes hectáreas del BPCB.

Tabla 4. Toneladas de carbono en el Bosque Protector Cerro Blanco

<b>BIOMASA TOTAL (TON)</b>	1853320,449
<b>CARBONO (TON)</b>	926660,224
<b>DIÓXIDO DE CARBONO CO<sub>2</sub> (TON)</b>	3400843,023

A partir de la estimación del CO<sub>2</sub> almacenado, se estimó el valor del mercado del carbono almacenado en el BPCB de los Certificados de Emisiones Reducidas (CER), que valoran la tonelada de CO<sub>2</sub> en el año 2021 a \$0,25 USD. El valor total del servicio ambiental de almacenamiento de carbono es de \$850210,76 USD equivalente a \$175,68 USD/ha.

### SERVICIO ECOSISTÉMICO DE BELLEZA ESCÉNICA Y RECREACIÓN

La valoración del servicio ambiental de belleza escénica y recreación se estimó a partir de la regresión logarítmica que utilizó el costo de viaje como variable dependiente y el número de visitantes como variable independiente. Una vez obtenida la ecuación de la regresión, calculamos el número de visitantes estimados al añadir el costo de tarifa de entrada al BPCB al costo de viaje. Por consiguiente, se obtiene la función del excedente de consumidor.

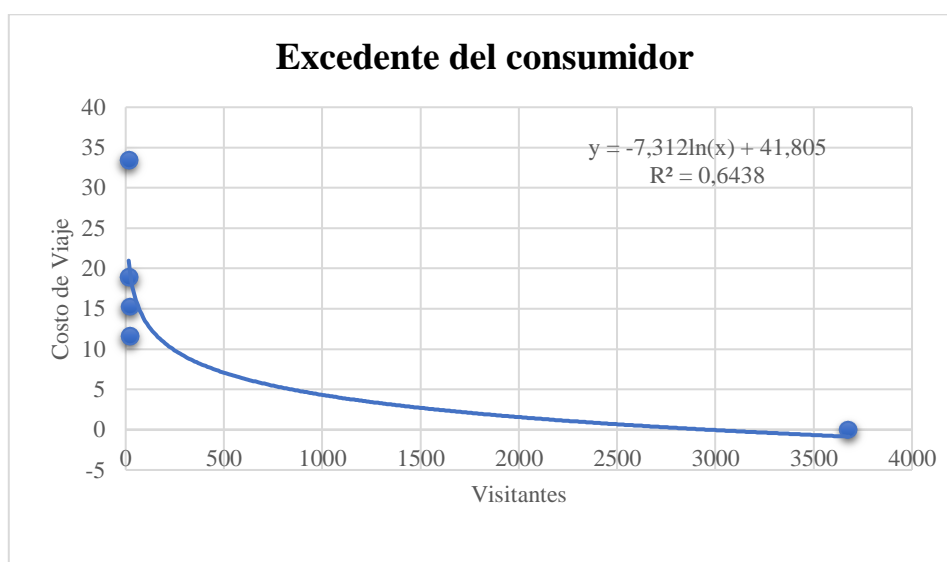


Figura 5. Excedente del consumidor

El excedente del consumidor está representado por el área por debajo de la curva, y se estima a partir de su integral.

$$Excedente Consumidor = \int_1^{370} (-7,312 \ln(x) + 41,805) dx \tag{9}$$

El valor obtenido del área bajo la curva es de \$2125,55 USD para una muestra de 370 visitantes y el valor del beneficio económico que supone el servicio ecosistémico de belleza escénica y recreación es de \$11401,15 USD para el año 2020 del Bosque Protector Cerro Blanco.

### CONCLUSIONES

El motivo por el cual se realizó este estudio fue para obtener el valor económico de los servicios ecosistémicos de almacenamiento de carbono y belleza escénica y recreación del Bosque Protector Cerro Blanco en la ciudad de Guayaquil, para crear consciencia sobre el área

protegida y que las autoridades competentes tomen medidas para la conservación del lugar ya que existe abundancia de amenazas en el Bosque.

Los resultados obtenidos del índice de vegetación (NDVI), se puede concluir que el Bosque Protector Cerro Blanco tiene una gran cantidad de vegetación sana y característica de Bosque Semidecuido de la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial y Bosque Deciduo de la Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial, ya que la mayoría de los valores son mayores a 0,50.

La valoración económica del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono es de \$850210,76 USD equivalente a \$175,68 USD/ha, mientras que la valoración económica del servicio ecosistémico de belleza escénica y recreación es de \$11401,15 USD para el año 2020, se muestra un valor económico bajo para el servicio de belleza escénica y recreación ya que los datos tomados fueron del año 2020, año en el cual se atravesó la pandemia del COVID-19 y el número de total de visitantes del Bosque Protector Cerro Blanco para este año fueron solamente 3678 personas.

## REFERENCIAS

- Aguirre, N., Ruiz, I., & Tinoco, H. (2013). Cuantificación de las reservas de carbono en bosque seco dentro de tres áreas de conservación del programa socio bosque en el cantón Zapotillo, Provincia de Loja. TRABAJOS DE TITULACIÓN AARNR, 4-11.
- Aguirre, Z. (2012). Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático. MAE/FAO–Finlandia. Quito, Ecuador.
- Astudillo, K. P., & Rodríguez, F. F. (2020). VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES DEL PARQUE ECOLÓGICO RECREACIONAL LA PERLA. Revista Geoespacial, 17(1), 39-58.
- Bindu, G., Rajan, P., Jishnu, E. S., & Ajith Joseph, K. (2020). Carbon stock assessment of mangroves using remote sensing and geographic information system. Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 23(1), 1–9.
- Cartaya Ríos, S., Zurita, S., Rodríguez, E., & Montalvo, V. (2015). Comprobación del NDVI en imágenes para determinar cobertura vegetal y usos de la tierra en la provincia de Manabí, Ecuador. *Revista San Gregorio*, 2(10), 75–92.
- Chave, J., Muller-Landau, H. C., Baker, T. R., Easdale, T. A., Steege, H. t., & Webb, C. O. (2006). REGIONAL AND PHYLOGENETIC VARIATION OF WOOD DENSITY ACROSS 2456 NEOTROPICAL TREE SPECIES. *Ecological Applications*, 16(6), 2356-2367.
- Cun Laines, E. P. (2012). Evaluación de la efectividad de manejo del bosque protector Cerro Blanco como estrategia en la planificación y gestión de la reserva (Provincia del Guayas-Ecuador). Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Naturales Maestría en Ciencias con énfasis en manejo sustentable de Recursos Bioacuáticos y el Medio Ambiente. Magister en Ciencias, 33-39.
- Cúnsulo, M. E., Kurban, A. S., & Papparelli, A. H. (2012). Inferencia de la temperatura del aire urbano a partir del NDVI utilizando imágenes satelitales, 3-7.
- Fernández, M., Henríquez, C., & Icaza, W. (2003). Valoración contingente del bosque protector Cerro Blanco. Banco Central del Ecuador. *Cuestiones Económicas* Vol 19, 1(3), 157-196.
- Fleming, C. M., & Cook, A. (2008). The recreational value of Lake McKenzie, Fraser Island: An application of the travel cost method. *Tourism Management*, 29(6), 1197-1205.
- Ganzenmüller, A., Cuesta-Camacho, F., Riofrío, M. G., & Baquero, F. (2010). Caracterización ecosistémica y evaluación de efectividad de manejo de los bosques protectores y bloques del Patrimonio Forestal ubicados en el sector ecuatoriano del Corredor de Conservación Chocó-Manabí. Quito: Ministerio del Ambiente del Ecuador, 7-9.
- Gatti, A., & Bertolini, A. (2015). Sentinel-2 Products Specification Document. Rapport technique, 4-7.

- Horstman, E. (2017). Establishing a Private Protected Area in Ecuador: Lessons learned in the management of Cerro Blanco Protected Forest in the city of Guayaquil. *Case Studies in the Environment*, 4-14.
- Instituto Geográfico Nacional. (2018). Programa Copernicus aplicado a la producción y gestión de la información geoespacial. Gobierno de España, 8-15.
- Lino Cortez, T. G. (2021). VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO AMBIENTAL-TURÍSTICO DEL BOSQUE PROTECTOR CERRO BLANCO EN UN ESCENARIO COVID-19. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador.
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2020). Boletín de Prensa. Quito: Global PetroPrices.
- Miotto Gabrielli, J. R., Hernández Santoyo, A., & Lacerda Rezende, M. (2020). Valoración económica ambiental del Parque Zoobotánico de Varginha: Aplicación del Método de Costo de Viaje. *Cooperativismo y Desarrollo*, 8(2), 230-249.
- Osorio Múnera, J. D. (2004). Valoración económica de costos ambientales: Marco conceptual y métodos de estimación. *Semestre económico*, 7(13), 159-193.
- Pearce, David (1993). "Economic Value and the natural world", Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, 21-23
- Pojani, E. (2016). AN ECONOMIC VALUATION OF TOURISM IN SHËNGJINI BEACH USING THE ZONAL TRAVEL COST METHOD. 13th International Conference of ASECU. University of Tirana, 189-198.
- Rodríguez Cortes, Á. N. (2015). Estimación de Biomasa Arbórea por Medio de Índices de Vegetación para El Parque Nacional Natural La Paya. Bogota DC., Colombia, 18-20.
- Rügnitz, M. T., Chacón, M. L., & Porro, R. (2008). Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales. In *Consorcio Iniciativa Amazónica (IA) y Centro Mundial Agroforestal (ICRAF)* (ICRAF).
- SENDECO<sub>2</sub>. (2021). Histórico de precios de Certificados de Emisiones Reducidas. Media anual 2021. Obtenido de: <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2#brcm-sendeco-tab-2021>
- Torres-Ortega, S., Pérez-Álvarez, R., Díaz-Simal, P., de Luis-Ruiz, J. M., & Piña-García, F. (2018). Economic valuation of cultural heritage: Application of travel cost method to the national museum and Research Center of Altamira. *Sustainability (Switzerland)*, 10(7).