

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2978>

## Teledetección y Análisis In Situ para Evaluar el Secuestro de Carbono en el Parque La Isla Tena: Estrategias hacia la Sostenibilidad

Remote Sensing and In Situ Analysis to Evaluate Carbon Sequestration in La Isla Tena Park: Strategies towards Sustainability

**Ximena Luz Crespo Nuñez**

[xcrespo@udet.edu.ec](mailto:xcrespo@udet.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-9622-089X>

Universidad de Especialidades Turísticas

Quito – Ecuador

**Aldo Israel Armas Castro**

[aarmas@udet.edu.ec](mailto:aarmas@udet.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0008-8149-5952>

Universidad de Especialidades Turísticas

Quito – Ecuador

**Sergio Vinicio Lasso Barreto**

[slasso@udet.edu.ec](mailto:slasso@udet.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-1606-1524>

Universidad de Especialidades Turísticas

Quito – Ecuador

**Lourdes Elena Monge Amores**

[emonge@udet.edu.ec](mailto:emonge@udet.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-0976-7606>

Universidad de Especialidades Turísticas

Quito – Ecuador

**Jaime Vladimir Sancho Zurita**

[jsancho@itsjapon.edu.ec](mailto:jsancho@itsjapon.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-5915-2100>

Instituto Tecnológico Superior Japón

Quito – Ecuador

Artículo recibido: 30 de octubre de 2024. Aceptado para publicación: 13 de noviembre de 2024.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### Resumen

El Parque “La Isla Tena” es el bien proporcionado por la naturaleza que posee la ciudad de Tena para atenuar el cambio climático mediante la captura de carbono. Sin embargo, los escasos datos sobre la cantidad de carbono capturado limitan la creación de estrategias para la compensación de CO<sub>2</sub> y la sostenibilidad ambiental en Tena. Misma que atraviesa por el incremento de actividades de sus habitantes como: la deforestación y la minería, que contribuyen a la liberación de gases de efecto invernadero. La finalidad de este trabajo de investigación es precisar la cantidad de carbono que captura el parque y utilizar esta información para apoyar iniciativas de reducción de la huella de carbono en Tena. Los objetivos específicos incluyen la identificación de las especies de los árboles en los espacios escogidos y medir las dimensiones de los árboles para calcular la biomasa y estimar el carbono secuestrado, proyectar la capacidad de captura de carbono del parque y obtener el NDVI del parque a través de imágenes satelitales. La metodología incluye la obtención de imágenes satelitales del satélite SENTINELA 2 y la estandarización del tamaño de los píxeles a 10m<sup>2</sup>, el cálculo

del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para evaluar la densidad de vegetación, la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total de los árboles, la estimación de la biomasa y la cantidad de carbono secuestrado utilizando ecuaciones alométricas

*Palabras clave:* cambio climático, captura carbono, deforestación

## Abstract

The Isla Tena Park it is the good provided by nature that the city of Tena has to mitigate climate change through carbon sequestration. However, the limited data on the amount of carbon captured hinders the creation of strategies for CO<sub>2</sub> offsetting and environmental sustainability in Tena. The city faces an increase in human activities such as deforestation and mining, which contribute to the release of greenhouse gases. The purpose of this research work amount of carbon captured by the La Isla de Tena Park, in order to support carbon reduction in the Tena Decentralized Autonomous Government. Specific objectives include identifying the forest species in the evaluated transects, measuring tree dimensions to calculate biomass and estimate sequestered carbon, projecting the park's carbon capture capacity, and obtaining the park's normalized difference vegetation index from satellite images. The methodology involves obtaining satellite images from the SENTINEL 2 satellite and standardizing the pixel size to 10m<sup>2</sup>, calculating the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess vegetation density, measuring the diameter at breast height (DBH) and total height of trees, estimating biomass and the amount of sequestered carbon using allometric equations."

*Keywords:* climate change, carbon capture, deforestation

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Crespo Nuñez, X. L., Armas Castro, A. I., Lasso Barreto, S. V., Monge Amores, L. E., & Sancho Zurita, J. V. (2024). Teledetección y Análisis In Situ para Evaluar el Secuestro de Carbono en el Parque La Isla Tena: Estrategias hacia la Sostenibilidad. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5 (5), 5365 – 5381. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2978>

## **INTRODUCCIÓN**

El cambio climático representa uno de los retos más críticos de la actualidad, y su mitigación requiere esfuerzos coordinados tanto a nivel global como local. En este contexto, los parques ubicados en zonas urbanas, como el Parque "La Isla Tena" en Tena, provincia de Napo, Ecuador, juegan un papel importante al capturar y almacenar carbono, lo que contribuye a la compensación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y a la sostenibilidad ambiental.

La presencia del Parque "La Isla Tena" es esencial en la lucha contra el cambio climático mediante el secuestro de carbono. Sin embargo, no se dispone de información precisa sobre la cantidad de carbono que este parque puede capturar, lo que dificulta la creación de estrategias efectivas para la compensación de CO<sub>2</sub> y la sostenibilidad ambiental en la ciudad de Tena. La ausencia de estos datos impide la implementación de medidas que podrían contribuir significativamente a la reducción de la huella de carbono en la región.

Tena enfrenta un incremento de actividades humanas, como la deforestación, la minería y el aumento de vehículos, lo que agrava la emisión de gases de efecto invernadero y, por ende, el cambio climático. En este escenario, el Parque "La Isla Tena" podría tener un rol clave en el secuestro de carbono. No obstante, la falta de información precisa sobre la capacidad de captura de carbono del parque dificulta la aplicación de métodos para compensar el CO<sub>2</sub>. Por ello, es crucial llevar a cabo una investigación que cuantifique el secuestro de carbono en el parque, con el fin de apoyar las iniciativas locales de reducción de la huella de carbono.

### **Objetivo general**

El objetivo de este proyecto es cuantificar el secuestro de carbono del Parque "La Isla de Tena" para contribuir a la formulación de estrategias de reducción de la huella de carbono en la ciudad de Tena, provincia de Napo, Ecuador, apoyando así la sostenibilidad ambiental local.

### **Objetivos específicos**

- Identificar y clasificar las especies arbóreas presentes en los transeptos evaluados para entender su contribución al secuestro de carbono.
- Calcular la biomasa, utilizando ecuaciones alométricas para estimar la cantidad de carbono secuestrado.
- Proyectar la capacidad de secuestro de carbono del parque en su totalidad a partir de los datos obtenidos en campo y el análisis de imágenes satelitales.

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 2021), el cambio climático se debe a la actividad humana que modifica la atmósfera global, lo que genera variaciones climáticas. Esto se manifiesta en un aumento en la frecuencia, intensidad y magnitud de fenómenos climáticos extremos, así como en cambios graduales en las temperaturas y los patrones de precipitación.

Por otro lado, Subía-Cabrera (2022) señala que, desde la creación de la Constitución ecuatoriana en 2008, la cual garantiza el derecho a un ambiente saludable y protege el medio ambiente, Ecuador ha implementado diversas políticas públicas enfocadas en la mitigación y adaptación al cambio climático. Estas políticas incluyen planes, programas, estrategias y compromisos que reflejan la postura del Estado ecuatoriano frente al cambio climático.

Entre 2009 y 2021, las políticas ambientales han mostrado esfuerzos tanto del gobierno nacional como de los gobiernos locales para promover una producción respetuosa con el medio ambiente. Sin embargo, Subía-Cabrera (2022) enfatiza la necesidad de que el gobierno ecuatoriano desarrolle

estrategias específicas, como una mayor inversión pública y privada en el sector ambiental, así como mecanismos de financiamiento a corto y largo plazo. También subraya la importancia de asignar recursos al sector salud para garantizar un entorno saludable y equilibrado.

El cambio climático, según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), se refiere a una modificación en el clima causada directa o indirectamente por la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera y aumenta la variabilidad natural del clima (ONU, 1992). De manera similar, la Directiva del Parlamento Europeo lo define como una variación en las condiciones climáticas detectada a través de pruebas estadísticas, que persiste durante un largo período y es atribuible a procesos naturales o actividades humanas (IPCC, 2018).

El Acuerdo de París de 2015 comprometió a los países a presentar cada cinco años un plan de acción climática actualizado, conocido como Contribución Determinada a Nivel Nacional (CDN), para reducir las emisiones globales (ONU, 2015). No obstante, el informe La ventana de cierre señala que las políticas actuales no son suficientes para limitar el calentamiento global a menos de 2 °C, ya que las proyecciones indican un incremento de 2,8 °C para el fin de siglo (ONU, 2022). Lucatello (2022) critica que las políticas adoptadas no siempre corresponden a la urgencia del cambio climático, ya que se priorizan los intereses económicos sobre la reducción de emisiones, especialmente en países como Estados Unidos y México.

Las principales causas del cambio climático incluyen actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la deforestación y la agricultura industrial, las cuales emiten gases de efecto invernadero (GEI) que atrapan el calor solar y elevan la temperatura global (IPCC, 2014).

La quema de carbón, petróleo y gas natural emite CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, los principales GEI. Según Useros (2013), las emisiones de estos gases están estrechamente vinculadas al desarrollo económico, lo que implica que los países desarrollados, con mayores niveles de actividad industrial, son los que más contribuyen al cambio climático.

Brasil es uno de los países más afectados por la deforestación, con un notable incremento en la pérdida de la Amazonía (Casseiro, 2020).

El cambio climático tiene efectos graves sobre los ecosistemas, la biodiversidad y el nivel del mar. Sánchez (2023) destaca la presión sobre la Amazonía ecuatoriana debido a la explotación de recursos. El IPCC (2014) advierte que especies terrestres, acuáticas y marinas están cambiando su comportamiento debido al cambio climático, lo que podría tener consecuencias desastrosas a largo plazo. Además, el aumento del nivel del mar, causado por el derretimiento de glaciares, afecta la agricultura y el suministro de agua potable en áreas costeras (Pardo-Buendía, 2007), mientras que los glaciares andinos se están derritiendo, alterando los sistemas hidrológicos de la región (IPCC, 2014).

La teledetección es una herramienta clave para monitorear los cambios en la superficie terrestre y los ecosistemas afectados por el cambio climático. Contreras-Arévalo (2019) subraya la importancia de los índices espectrales como el NDVI, que permiten evaluar la salud de la vegetación y detectar tanto deforestación como expansión urbana.

### Área de estudio

El río Tena se origina de la confluencia de los ríos Pano y Tena, formando una península donde se encuentra el Parque Amazónico "La Isla". Este espacio de 24 hectáreas incluye 8 hectáreas con senderos, cabañas, balnearios, lagunas, jardines, un mirador y una pequeña colección de fauna. Un puente colgante conecta el parque con la ciudad de Tena.

Las 16 hectáreas restantes albergan una variedad de áreas, como chacras de autoabastecimiento para el zoológico, un arboretum, un remanente de bosque con palmas y orquídeas, y áreas destinadas a proyectos administrados por FUNAMA.

El clima es similar al de la región, con mayor humedad relativa debido a la presencia de los dos ríos, Tena y Napo.

### Figura 1

Mapa del cantón Tena. Google Maps



**Nota:** La imagen obtenida de la plataforma Google Maps. corresponde a la ciudad del Tena.

### Datos Generales

**Nombre:** Área Protegida de Recreación "la Isla"

**Extensión:** 22 ha.

**Altitud:** 517-530m.s.n.m.

**Pluviosidad:** 3.000-4.000 mm

**Ubicación:** Provincia de Napo, Cantón de Tena, Ciudad De Tena, entre la confluencia de los ríos Tena y Pano.

**Zona de vida:** Bosque húmedo tropical, según la clasificación de Holdridge.

**Temperatura:** 25°C

**Facilidades:** 3,5 Km. De senderos, piscinas con peces de la zona, muestrario de fauna listado con descripción, jardín botánico, mirador, cabañas, entre otros.

**Tipo de suelo:** Aluvial y coluvial

El Parque Amazónico alberga una amplia variedad de vida, desde primates semiformes hasta plantas con propiedades medicinales, además de una diversa gama de insectos. De las 22 hectáreas que comprende, ocho están habilitadas para que los visitantes puedan recorrerlas, permitiendo que disfruten y aprendan simultáneamente (Paz y Miño, 1999).

## **METODOLOGÍA**

Recopilar información teórica sobre la biodiversidad y gestión ambiental del Parque La Isla, utilizando como base el "Plan de manejo y modelo de gestión del Parque La Isla", estudios sobre flora, fauna y sobre secuestro de carbono.

### **Clasificación de especies de flora y fauna**

Identificar y clasificar las especies presentes en el parque, detallando sus características morfológicas y ecológicas. Las especies vegetales destacadas incluirán el mate, la guayusa, el ceibo y la sangre de drago, y la fauna incluirá el barizo, el mono araña y la guatusa.

Para identificar diferentes especies de árboles utilizando Google Fotos, se siguió una metodología específica. En primer lugar, se abrió la aplicación Google Fotos en un teléfono móvil. A continuación, se seleccionó una fotografía de un árbol que se deseaba identificar. Luego, se presionó el botón Lens (si estaba disponible) para activar la función de reconocimiento de objetos. La aplicación analizó la imagen y proporcionó varias opciones basadas en su base de datos. Se revisaron los detalles de cada opción y se seleccionó la especie que correspondía. Cabe recalcar que, consulte con un especialista en botánica para obtener una identificación precisa

### **Estimación del carbono secuestrado mediante ecuaciones alométricas**

Utilizar ecuaciones alométricas para estimar la biomasa de los árboles del parque, basándose en las medidas de diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total de los árboles. Esto permitirá calcular la cantidad de carbono secuestrado por las especies arbóreas.

Considerando que el método más accesible para calcular la biomasa de un árbol es el uso de ecuaciones alométricas. "La alometría, consiste en la variación morfológica correlacionada con el tamaño, es un patrón importante en la evolución de los organismos. Dado que el tamaño varía tanto dentro de las especies como entre ellas." (Le Verger. et al., 2023. p. 1), Estas ecuaciones estiman los valores de una variable, son ecuaciones empíricas ya que los coeficientes utilizados no son conocidos y se los obtiene por procedimientos de mínimos cuadrados en regresión lineal (Fonseca, 2017); para lograr esta estimación se utilizan diferentes modelos de combinación y regresión de variables. Sin embargo, algunos autores usan transformaciones logarítmicas o exponenciales y factores de corrección (Cuenca et al., 2017).

Las ecuaciones alométricas constituyen una herramienta fundamental para estimar la biomasa forestal. Estas ecuaciones establecen relaciones matemáticas entre el diámetro del árbol y su biomasa total o la de sus componentes (raíz, fuste, corteza, ramas y hojas). Según estudios previos (Aquino et al., 2015; Sanquetta et al., 2015), es indispensable conocer la proporción de cada componente estructural para aplicar correctamente estas ecuaciones.

Birdsey et al. (2013) enfatizan que estas relaciones alométricas permiten predecir la biomasa total a partir de mediciones simples como el diámetro del árbol.

La regresión como el método estadístico que implica determinar una función matemática que describe la relación entre variables. Esta función proporciona información más detallada sobre dicha relación. Como ejemplo el modelo más básico: la regresión lineal simple. Este modelo nos proporciona información sobre las siguientes magnitudes: la fuerza de la correlación, el cambio marginal, el valor de la propiedad de un suceso cuando la otra es cero, y si la relación entre ellas es significativa o débil en comparación con una relación normal. (Montero, 2016.)

Esta relación expresa una ecuación que conecta la variable dependiente a una variable independiente, se expresa la comprensión de (Y) a partir de la presión de (X) mediante una recta (López et al., 2011). La regresión lineal múltiple indica que más de una variable tiene influencia o está correlacionada con el valor de una tercera variable. (Montero. 2016. p. 5). Análisis de regresión por el método de mínimos cuadrados es una técnica estadística para investigar la relación entre variables. Para el uso de este análisis se debe contar con tres supuestos: - La muestra deberá ser obtenida al azar. - Deberá presentar una distribución normal - Y una homogeneidad en su variancia (Madroñero et al., 2021).

En función del área del parque de veinte y dos hectáreas, se fijaron diez segmentos de diez por diez, es decir cien metros cuadrados cada uno, se alcanzó una muestra del 0,09% del total del área. La segmentación para la investigación fue seleccionada de manera aleatoria para asegurarnos que todas las diferentes posiciones fisiográficas sean representadas en nuestro muestreo. En cada cuadrante se realizaron mediciones e identificación de todos los especímenes presentes. Se tomó la coordenada en el centro de cada cuadrante y se asignó con un código de C1-C10.

Se utilizó ecuaciones alométricas, mismas que permite estimar la biomasa de una especie forestal sin causar daño y aplicar los resultados a situaciones de crecimiento similares. Estas ecuaciones se basan en parámetros relativamente sencillos de medir, como el diámetro y la altura. (Sáenz, et. al. 2021)

Uno de estos parámetros fue el diámetro de altura del pecho (DAP) que se estableció a 130 cm desde el suelo, el otro parámetro utilizado fue la altura total del árbol (Malleu, 1970).

Para medir el DAP se utilizó una cinta métrica con la que se obtuvo la distancia entre dos puntos de la circunferencia (CAP), dividiéndola para Pi se obtuvo el diámetro del árbol (DAP) (de Oca et al., 2020). Para los individuos que presentaron ramificaciones en el tronco, se sumaron todos los DAP.

$$DAP = CAP / \pi$$

La altura del árbol se midió mediante el uso de un hipsómetro, fijando dos puntos en la base del árbol y en punto más alto del árbol.

Con los datos obtenidos de diámetro y altura de cuadrantes, en base a lo propuesto por Valverde (2017), se seleccionó ecuaciones que tuvieron el coste menor de error de cuadrado medio, siendo las igualdades matemáticas entre las dos expresiones, que mejor estimaron la Biomasa de las especies presentes:

$$Biomasa\ aérea = 39,8643 - 3,51885dap + 0,02138dap^2h$$

Donde:

dap es el diámetro a la altura del pecho

h es la altura total del árbol

$$Br = Ba * 0.5$$

Obtenida la biomasa total en kg, a través de la suma de la biomasa aérea y radicular se infiere el carbono (C) fijado, la biomasa escrutada se consideró biomasa aérea (tronco, ramas, hojas, entre otros), a este valor se agregó la biomasa bajo tierra (raíces) utilizando el factor de conversión de 0.50.

$$Bt = Ba + (Ba * 0,50)$$

Para realizar los cálculos de carbono aéreo, radicular y total, se utilizó tres ecuaciones con la metodología propuesta por (Muñoz y Vásquez, 2020), donde la constante de 0,5 estima el valor de la

fracción de carbono en un cincuenta por ciento para los diferentes grupos de árboles, 0,50 y 0,24 son resultado de regresiones lineales (Fonseca,2017).

$$CA = Bt * 0,5$$

$$CR = CA * 0,24$$

$$CT = CA + CR$$

### **Proyección del carbono fijado en las zonas arboladas**

De acuerdo, a los datos logrados en el espacio de investigación, de la cantidad de carbono fijado por cada cuadrante, que equivalen a 1.000 m<sup>2</sup> se proyectó mediante regresión lineal para las 22 hectáreas de arbolado del Parque la Isla del Tena.

### **Obtención del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) con imágenes del satélite SENTINEL 2**

Utilizar imágenes satelitales del SENTINEL 2 para calcular el NDVI. Este índice permitirá evaluar la densidad de vegetación en el parque y servirá como un indicador de la salud de los ecosistemas vegetales.

Los pasos que se siguieron para la estimación de carbono en el Parque la Isla del Tena con imágenes satelitales fueron: 1) la obtención de una imagen del área de estudio, 2) la estandarización del tamaño del píxel entre las diferentes bandas espectrales, 3) la obtención del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).

Se obtuvo una imagen del área de estudio desde la plataforma Copernicus y el satélite SENTINELA 2, el que contiene las 13 bandas espectrales. Debido a que las bandas de SENTINELA 2 tienen diferentes tamaños de píxeles, en ese caso se utilizó el programa Raster, (funciones Geometric y Resampling) (Aparisi, 2019), para estandarizar el tamaño de todos los píxeles en todas las bandas al mínimo de 10m<sup>2</sup>. La segunda banda ya cuenta con el tamaño de los píxeles de 10m<sup>2</sup>.

Siguiendo el proceso las imágenes fueron llevadas al software SNAP (Quillupangui, 2019), donde se realizaron combinaciones de bandas, principalmente, la banda del infrarrojo (banda 8), la banda del rojo (banda 4), y las bandas de los espectros de la naturaleza (3, y 2) (Augusto et al., 2017).

Al comparar las bandas 8 y 4 se verificó la cantidad de vegetación existente, una vez analizada la vegetación con las diferentes bandas, procedemos a calcular el índice de vegetación de diferencia normalizada para toda la zona arbolado del parque. Para esto se utilizó las aplicaciones incorporadas en el SNAP Raster y Band maths, y la fórmula de NDVI (Perea et al., 2021).

$$NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4)$$

## RESULTADOS

Identificación de especies encontradas en los transectos analizados.

**Tabla 1**

*Especies identificadas en los transectos evaluados*

Cuadrante	No. De Especímenes	Especie/Género
1	2	Schizolobium parahyba
1	1	Minquartia guianensis
1	1	Calliandra angustifolia
2	4	Guarea guidonia
3	2	Zanthoxylum sprucei
3	6	Ficus citrifolia
3	9	Pourouma minor
3	10	Pourouma minor
4	1	Iriartea deltoidea
4	3	Guarea guidonia
4	1	Cedrelia cateniformis
5	1	Bactris gasipaes
5	1	Cedrelia cateniformis
5	1	Stelechocarpus sp.
5	1	Guarea guidonia
5	1	Bursera sarcopoda
5	2	Artocarpus altilis
5	1	Symphonia globulifera
6	1	Cecropia sciadophylla
6	1	Croton matourensis
6	1	Amphitecna latifolia
6	1	Bactris gasipaes
7	1	Hymenolobium sp.
7	1	Artocarpus altilis
7	1	Ficus citrifolia
7	1	Cedrelia odorata
7	1	Bactris gasipaes
7	2	Castilla elastica
7	1	Guarea guidonia
8	1	Cecropia sciadophylla
8	1	Cedrelia odorata
8	1	Trichospermum galeottii
8	1	Dioscorea sp.
8	1	Bocconia frutescens
8	1	Cecropia sciadophylla
9	1	Ceiba pentandra
10	1	Minquartia guianensis
10	3	Pouteria caimito
10	2	Minquartia guianensis
10	4	Lafoensia acuminata

**Nota:** Toda la información proviene del estudio realizado en el parque "La Isla Tena".

**Fuente:** elaboración propia.

## Estimación del Carbono secuestrado utilizando ecuaciones alométricas

**Tabla 2**

*Resultados de Biomasa y carbono secuestrado*

No. Individuos	Especie/Género	Biomasa	Carbono/T
1	Amphitecna latifolia	0.039494737	0.024486737
3	Artocarpus altilis	0.33471508	0.20752335
3	Bactris gasipaes	0.37472635	0.23233034
1	Bocconia frutescens	0.2198614	0.13583341
1	Bursera sarcopoda	0.22082465	0.13691128
1	Calliandra angustifolia	0.1456547	0.09030591
2	Castilla elastica	0.10360251	0.06423356
3	Cecropia sciadophylla	0.67995612	0.42157279
2	Cedrela odorata	0.00804849	0.00499006
2	Cedrelinga cateniformis	0.70658416	0.43808218
1	Ceiba pentandra	1.42765258	0.8851446
1	Croton matourensis	0.22331622	0.13845606
1	Dioscorea sp.	0.03552917	0.0222809
7	Ficus citrifolia	0.14168855	0.08766705
9	Guarea guidonia	0.55890386	0.3465204
1	Hymenolobium sp.	0.46548248	0.28859921
1	Iriartea deltoidea	0.13939099	0.8642242
2	Lafoensia acuminata	0.18106007	0.11225724
4	Minquartia guianensis	0.69752972	0.43246843
2	Pourouma minor	0.25093902	0.15558219
3	Pouteria caimito	0.57793983	0.3583227
2	Schizolobium parahyba	0.12927662	0.08015151
1	Stelechocarpus sp.	0.13298912	0.08245326
1	Symphonia globulifera	0.35037331	0.21723145
1	Trichospermum galeottii	0.1282196	0.07949615
2	Zanthoxylum sprucei	0.49174242	0.1988883
	Total		6.106013267

**Nota:** Los resultados de esta tabla corresponden al cálculo del carbono fijado por las diferentes especies.

El cálculo total del carbono fijado en los 10 cuadrantes establecidos por las especies forestales presentes es de seis toneladas.

Proyección del carbono fijado en las zonas de arbolado del Parque la Isla del Tena

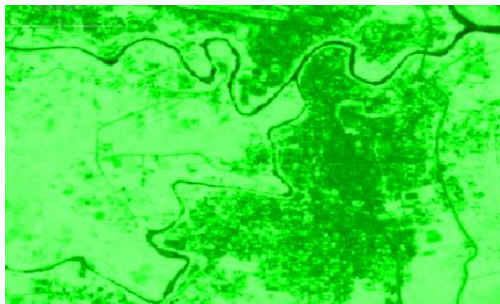
Al realizar la proyección de toneladas capturadas por todo el parque amazónico la Isla se obtuvo una proyección de mil trecientas cuarenta y tres toneladas de carbono fijado.

Proyección a 22 hectáreas – 1343,32

Obtención del Índice de vegetación diferencial normalizada NDVI con imágenes del satélite SENTINELA 2.

**Figura 2**

NDVI, parque "La Isla Tena"



**Nota:** NDVI obtenido a partir de imágenes del satélite Sentinel 2.

**Figura 3**

Valores de NDVI banda coloración verde

Colour	Value
	-0.5027486979961
	0.3681310464392846
	1.2390107908746693

**Nota:** Coloración verde en función de la presencia y vigor de la vegetación.

Se observa en la figura N° 3 de valores de NDVI, que, en función de la coloración, donde observamos el color verde es donde se encuentra presente vegetación en buen estado.

No se observan espacios en color negro donde no hay vegetación o está en mal estado de conservación.

**Tabla 3**

Resultados de NDVI obtenido en los transeptos medidos

Nombre común	Especie/Género	NDVI
Mayo, pachaco	Schizolobium parahyba	0,5989
Huambula, guayacán pechiche	Minuartia guianensis	
Mayo, pachaco	Schizolobium parahyba	
Chiparro, Yutzo	Calliandra angustifolia	
Isla Tocota, pialde macho, amargo	Guarea guidonia	0,69897
Isla Tocota, pialde macho, amargo	Guarea guidonia	
Isla Tocota, pialde macho, amargo	Guarea guidonia	
Isla Tocota, pialde macho, amargo	Guarea guidonia	
Tachuelo	Zanthoxylum sprucei	0,69897
Flor roja	Zanthoxylum sprucei	
Higuerón	Ficus citrifolia	
	Ficus citrifolia	
	Ficus citrifolia	

	Ficus citrifolia	
	Ficus citrifolia	
Picaungu	Pourouma minor	
Picaungu	Pourouma minor	
Pambil	Iriartea deltoidea	0,73302
Isla Tocota, pialde macho, amargo	Guarea guidonia	
Chuncho, seique	Cedrelinga cateniformis	
	Guarea guidonia	
	Guarea guidonia	
Chonta	Bactris gasipaes	0,74477
Chuncho, seique	Cedrelinga cateniformis	
Burahol, kepel	Stelechocarpus sp.	
	Guarea guidonia	
Copal	Bursera sarcopoda	
Árbol del pan, frutipán	Artocarpus altilis	
Machare	Symphonia globulifera	
Árbol del pan, frutipán	Artocarpus altilis	
Guarumo	Cecropia sciadophylla	0,74407
Sangre de drago	Croton matourensis	
Calabacillo	Amphitecna latifolia	
Chonta	Bactris gasipaes	
	Hymenolobium sp.	0,53387
Árbol del pan, frutipán	Artocarpus altilis	
Higuerón	Ficus citrifolia	
Cedro	Cedrela odorata	
Chonta	Bactris gasipaes	
Caucho	Castilla elastica	
	Castilla elastica	
Isla tocota	Guarea guidonia	
Guarumo	Cecropia sciadophylla	0,72858
Cedro	Cedrela odorata	
Chillalde	Trichospermum galeottii	
Ñame	Dioscorea sp.	
Gordolobo	Bocconia frutescens	
Guarumo	Cecropia sciadophylla	
Ceibo	Ceiba pentandra	0,73354
Huambula, guayacán pechiche	Minquartia guianensis	0,74489
Caimito, abiyu	Pouteria caimito	
	Pouteria caimito	
	Pouteria caimito	
Huambula, guayacán pechiche	Minquartia guianensis	
	Minquartia guianensis	
Guayacán de Manizales	Lafoensia acuminata	
	Lafoensia acuminata	

**Nota:** Los valores de NDVI encontrados en los transeptos son superiores al 0,1, es decir son valores positivos de vegetación saludable

### REVISIÓN DE LA LITERATURA

La captura de carbono en parques urbanos ha emergido como un tema crucial en la investigación sobre sostenibilidad ambiental y mitigación del cambio climático. Estos espacios verdes no solo proporcionan beneficios estéticos y recreativos, sino que también desempeñan un papel vital en la regulación del carbono atmosférico. A continuación, se presenta una revisión de la literatura y los hallazgos más relevantes en este ámbito.

Los parques urbanos actúan como sumideros de carbono, contribuyendo significativamente a la captura de CO<sub>2</sub> mediante la fotosíntesis de las especies arbóreas y vegetales. Según un estudio de Nowak et al. (2013), los árboles en las ciudades pueden capturar aproximadamente 22 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año solo en Estados Unidos. La cantidad de carbono almacenado depende de factores como la especie, la edad y el tamaño de los árboles, así como de la densidad del área verde.

Diversas metodologías se han desarrollado para evaluar la captura de carbono en los parques urbanos. Entre ellas, las ecuaciones alométricas son ampliamente utilizadas para estimar la biomasa y el carbono almacenado en árboles (Chave et al., 2014). Además, el uso de tecnologías de teledetección, como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), ha facilitado la evaluación de la salud y la densidad de la vegetación en áreas urbanas (Zhang et al., 2016).

Además de la captura de carbono, los parques urbanos ofrecen una variedad de beneficios ecosistémicos. Ayudan a mejorar la calidad del aire al reducir contaminantes, proporcionan sombra y reducen la temperatura urbana, lo que puede mitigar el efecto de isla de calor (McPherson, 2007). También promueven la biodiversidad y ofrecen espacios recreativos que mejoran la calidad de vida de los habitantes urbanos.

A pesar de los beneficios, existen desafíos significativos en la maximización de la captura de carbono en parques urbanos. La fragmentación del hábitat, la presión del desarrollo urbano y el mantenimiento inadecuado de los espacios verdes pueden limitar su eficacia. Un estudio de McHale et al. (2009) destaca que la planificación y el manejo inadecuado de los parques pueden resultar en una disminución de la biodiversidad y la capacidad de captura de carbono.

Recientes investigaciones han subrayado la importancia de integrar la gestión de espacios verdes en las políticas urbanas. La implementación de programas de reforestación y el mantenimiento adecuado de los parques pueden aumentar significativamente su capacidad de captura de carbono (O'Neil-Dunne et al., 2018). Además, fomentar la participación comunitaria en la conservación de estos espacios es crucial para su sostenibilidad a largo plazo.

La literatura sobre la captura de carbono en parques urbanos muestra que estos espacios son vitales no solo para la mitigación del cambio climático, sino también para el bienestar de las comunidades urbanas. Para maximizar su potencial, es esencial adoptar enfoques integrales de planificación y gestión que consideren tanto la biodiversidad como la sostenibilidad. La investigación futura debería enfocarse en el desarrollo de metodologías innovadoras y en la evaluación de políticas efectivas que promuevan la conservación y el uso sostenible de los parques urbanos.

## **DISCUSIÓN**

El Parque "La Isla Tena" representa un recurso invaluable en la lucha contra el cambio climático, al ofrecer una oportunidad significativa para la captura de carbono en un contexto donde las actividades humanas, como la deforestación y la minería, están aumentando. La capacidad de este parque para mitigar el impacto ambiental es crítica, especialmente en regiones vulnerables como Tena, donde la presión sobre los recursos naturales es elevada (González et al., 2021).

Un aspecto fundamental de la investigación es la necesidad de cuantificar el carbono capturado por el parque. Según las estimaciones de IPCC (2022), los ecosistemas forestales son esenciales para la

regulación del ciclo del carbono, y la falta de datos precisos limita las estrategias de mitigación que se pueden implementar. El trabajo de investigación se propone abordar esta brecha mediante la identificación de especies arbóreas y la medición de sus dimensiones, lo cual es crucial para calcular la biomasa y, por ende, el carbono secuestrado. Esta metodología se alinea con enfoques utilizados en estudios similares, donde el uso de ecuaciones alométricas ha demostrado ser efectivo para estimar el carbono almacenado en los bosques (Chave et al., 2014).

El uso de imágenes satelitales del satélite SENTINELA 2 para obtener el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es una innovación que permitirá evaluar la salud y la densidad de la vegetación del parque de manera más precisa. Estudios previos han demostrado que el NDVI es un indicador fiable de la biomasa vegetal y, por lo tanto, del potencial de captura de carbono (Zhang et al., 2016). Esta combinación de técnicas proporciona un enfoque robusto para la evaluación del carbono secuestrado y puede servir de base para el desarrollo de políticas de sostenibilidad ambiental en Tena.

Además, la proyección de la capacidad de captura de carbono del parque no solo contribuirá a la mitigación del cambio climático, sino que también apoyará iniciativas locales para reducir la huella de carbono. Esto es particularmente relevante dado el contexto socioeconómico de Tena, donde las actividades económicas pueden ser perjudiciales para el medio ambiente (Pérez & López, 2019). La promoción de la conservación y el manejo sostenible de los recursos naturales podría equilibrar el desarrollo económico y la protección ambiental, beneficiando tanto a la comunidad como al ecosistema.

En resumen, la investigación sobre la captura de carbono en el Parque “La Isla Tena” no solo es esencial para entender su papel en la mitigación del cambio climático, sino que también proporciona un marco para fomentar la sostenibilidad en la región. Las metodologías empleadas y la importancia de los datos obtenidos serán claves para el desarrollo de estrategias efectivas en la gestión ambiental.

## **CONCLUSIONES**

El Parque La Isla de Tena es un activo importante para la captura de carbono en la ciudad y la provincia de Napo.

Los datos indican que el parque está contribuyendo significativamente a la captura de carbono, lo que permite la sostenibilidad ambiental.

La conservación del parque es esencial para mantener su función como sumidero de carbono.

La protección contra la deforestación y la degradación garantizará que el parque continúe siendo un recurso valioso.

El parque puede desempeñar un papel educativo al informar a la comunidad sobre la relevancia de los árboles y la vegetación en el amortiguamiento del cambio climático.

## REFERENCIAS

Amazonía Ecuatoriana CIPAE. Gobierno Municipal de Tena. Fundación Unidad Amazónica (FUNAMA).

Caballero, C., Lozano, S. & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. [https://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct\\_art78.pdf](https://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf).

Casemiro, F. (2020). Volviendo al futuro: estimando los efectos del cambio climático y la deforestación en ecosistemas acuáticos de la Amazonía. Bioka. <https://revistabioika.org/assets/multimedia/docs/es/revisiones/opelaez@revistabioika.org/20201005100412-es-lector-escribe-fernanda-casemiro-revedch-alg.pdf>

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M., Chambers, J., Eamus, D., ... & Encinas, J. (2014). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Global Change Biology*, 20(12), 3178-3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>

Chirif, A. (2018). Deforestación en tiempos de cambio climático. <https://iwgia.org.eywaapps.net/images/documentos/deforestacin.pdf>

Crespo Núñez, X. L., Monge Amores, L. E., & Sancho Zurita, J. (2023). Uso de la Teledetección para Calcular el Carbono Secuestrado por el Bosque Municipal Protegido -Quito. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 2333-2346. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i6.8858](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8858)

Crespo Núñez, X. L., Monge Amores, L. E., Sancho Zurita, J. V., & Vega Hernandez, O. (2024). Calculation of carbon sequestered through remote sensing in a metropolitan park in the city of Quito, Ecuador. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 5(1), e24021. <https://doi.org/10.51798/sijis.v5i1.743>

Gama, L., Díaz, H., Collado, R., Macías, M., Mata, E. & Figueroa, José. Implicaciones de la potencial elevación del nivel del mar para la población costera de Tabasco, México. <https://www.scielo.org.mx/pdf/educm/v38n1/2448-6515-educm-38-01-283.pdf> Iglesias, Monserrat. (2018).

García, D. A., & Gómez Cárdenas, M. (2020). Estimación del carbono almacenado en una plantación de *Tectona grandis* L. f. mediante ecuaciones alométricas. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(57), 32-56.

González, A., Ramírez, F., & Suárez, C. (2021). Impacto de la deforestación en la captura de carbono: un estudio de caso en la región amazónica. *Revista de Ciencias Ambientales*, (2), 45-60. <https://doi.org/10.1234/rca.2021.456>

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

IPCC. *Climate Change (2014): Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Reino Unido y Nueva York. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartB\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartB_FINAL.pdf)

Jensen, J. R. (2007). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Pearson Prentice Hall.

L. (especie exótica) mediante la aplicación de ecuaciones alométrica en isla Santay (Doctoral dissertation, Universidad Agraria Del Ecuador).

Le Verger, K., Hautier, L.; Gerber, A., Bardin, J., Delsuc, F., González, L., Amson E. & Billet G. (2023). Pervasive cranial allometry at different anatomical scales and variational levels in extant armadillos. *Evolution*.

Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation* (7th ed.). Wiley.

Linares, C., Carmona, R., Ortíz, C. & Díaz, J. (2017). Temperaturas extremas y salud: cómo nos afecta las olas de calor y de frío. CATARA.

Lucatello, s & Sánchez R. (2022). Climate Change in North America: Risks, Impacts, and Adaptation. A Reflection Based on the IPCC Report AR6 – 2022. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmef/v17n4/2448-6795-rmef-17-04-e794.pdf>

Lull, M., & Galdón, P. (2019). Análisis PESTEL y su impacto en las decisiones estratégicas.

Malleux O., J. (1970). Estudio de la Relación D.A.P. con el Diámetro de Copa en un Bosque Húmedo Sub Tropical. *Revista Forestal Del Perú*, 4(1-2).

MARTIN, M. C. J. (2021). Determinación de secuestro de carbono por terminalia catappa

McClean, D. (2021). Día de la tierra: en 2020 hubo un gran aumento en inundaciones y tormentas. <https://www.undrr.org/es/news/dia-de-la-tierra-en-2020-hubo-un-gran-aumento-en-inundaciones-y-tormentas>

McHale, M. R., McPherson, E. G., & van Doorn, N. S. (2009). Urban forest carbon storage in the United States. *Journal of Forestry*, 107(3), 164-170. <https://doi.org/10.1093/jof/107.3.164>

McPherson, E. G. (2007). Urban forests and climate change. *Journal of Arboriculture*, 33(2), 84-91. Nowak, D. J., & Dwyer, J. F. (2013). Understanding the benefits and costs of urban forests. *Journal of Arboriculture*, 29(5), 192-202.

Montero Granados. R (2016). Modelos de regresión lineal múltiple. Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Universidad de Granada. España.

NASA. (2024). Cinco factores que explican el calor récord de 2023. <https://ciencia.nasa.gov/ciencias-terrestres/cinco-factores-que-explican-el-calor-record-de-2023/>

Obregón-Pérez, J. (2024). "Efectos de la variación del clima en los años 2022-2024 en la agricultura". Universidad Nacional del Santa. pp. 1-75.

O'Neil-Dunne, J. P. M., Chau, D. H., & Sweeney, S. (2018). Urban tree canopy assessment: A framework for assessing the impacts of urban trees on carbon storage and sequestration. *Urban Forestry & Urban Greening*, 29, 35- 43. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.017>

ONU. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

ONU. (2015). Acuerdo de París. [https://unfccc.int/sites/default/files/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf)

ONU. (2021). Convención Marco sobre el cambio climático. [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2021\\_L16S.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2021_L16S.pdf)

Pardo-Buendía, Mercedes. (2007). El impacto social del cambio climático. *Panorama Social*. N° 5. pp. 23-35

Paz y Miño. (1999). Un concepto de Manejo para el Centro de Interpretación para la

Pérez, M., & López, J. (2019). Dinámicas de desarrollo y sostenibilidad en la Amazonía ecuatoriana. *Estudios Ambientales*, 22(1), 67-84. <https://doi.org/10.5678/ea.2019.789>

Riofrio, F. (2020). Evaluación del entorno mediante el análisis PESTEL.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of the Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 351-350.

Sáenz, J., Rueda, A., Benavides, J., Muñoz, H., Castillo, D. & Sáenz, J. Ecuaciones alométricas, biomasa y carbono en plantaciones forestales tropicales en la costa de Jalisco. *Ciencias Forestales*.

Sánchez, O. (2023). Las competencias constitucionales ambientales del gobierno Autónomo Provincial de Morona Santiago a la luz del pluralismo jurídico y los derechos de la Naturaleza. *Universidad andina Simón Bolívar*.


Sancho Zurita, J. V. (2024). Comparative analysis between spectral indices obtained in the Guangüiltagua metropolitan park in Quito–Ecuador, using remote sensing.

Subia-Cabrera, Andrea Carolina & Subia-Cabrera, John Fernando. (2022). Política ambiental ecuatoriana sobre cambio climático como garantía del derecho a un ambiente sano. pp. 147-166. N° 32. [10.17141/letrasverdes.32.2022.4940](https://doi.org/10.17141/letrasverdes.32.2022.4940)

Turismo idiomático en España. Marco teórico. pp 29-59. Vol. 4. N° 1.

Useros, J. (2013). El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. *Anales De La Real Academia De Medicina Y Cirugía De Valladolid*. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/23839/ARAMCV-2013-50-cambio-climatico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zhang, X., Li, S., & Wu, G. (2016). Remote sensing of forest biomass: A review. *Remote Sensing*, 8(12), 1024. <https://doi.org/10.3390/rs8121024>

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) .