

SECUESTRO DE CARBONO EN LOS ESPACIOS VERDES DE LA ZONA URBANA DEL CANTÓN LA TRONCAL, ECUADOR

CARBON SEQUESTRATION IN THE GREEN SPACES OF THE URBAN AREA OF LA TRONCAL CANTON, ECUADOR

Recibido: 01/10/2025 - **Aceptado:** 16/06/2026

Manuel Oswaldo Santander Villao

Docente de la Universidad Agraria del Ecuador
Guayaquil - Ecuador

Magister en Agroecología y Agricultura Sostenible
Universidad Agraria del Ecuador

msantanderv@uagraria.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5868-4084>

Pablo Israel Vargas Guillén

Docente de la Universidad Agraria del Ecuador
Guayaquil - Ecuador

Magister en Agricultura y Ganadería Ecológicas
Universidad Internacional de Santa Lucía

pvargas@uagraria.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6815-0425>

Luis Gualpa Patiño

Docente de la Universidad Agraria del Ecuador

Guayaquil - Ecuador

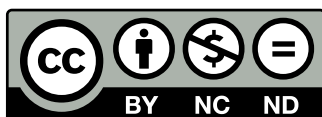
Ingeniero Ambiental

Universidad Agraria del Ecuador

lgualpa@uagraria.edu.ec

Como citar este artículo:

Santander, M., Vargas, P., & Gualpa, L. (julio - diciembre 2026). Secuestro de carbono en los espacios verdes de la zona urbana del cantón La troncal, Ecuador. *Sathiri*, 21 (2), 188 – 213. <https://doi.org/10.32645/13906925.1495>



Resumen

La presente investigación se orientó a determinar el secuestro de carbono que presentan los espacios verdes del área urbana del cantón La Troncal, utilizando ecuaciones alométricas. El área de la investigación se estableció en 18 espacios verdes, constituyendo un espacio total de 3,43 hectáreas, e identificando 465 individuos que pertenecen a 22 tipos de especies maderables. La cinta diamétrica, un hipsómetro y guía técnicas del Diámetro Altura al Pecho (DAP) fueron utilizados como herramientas básicas de medición de la biomasa y el secuestro de carbono de estos materiales vegetales. El levantamiento de información se instauró en dos muestreos realizados el 29 de octubre de 2022 y el 26 de noviembre de 2022. La biomasa calculada en el último muestro alcanzó un valor de 10,65 tn/ha y el secuestro de carbono de 5,33 tn/ha. Entre estos dos muestreos existió un incremento del 1,13%.

Posteriormente, se realizó un balance de carbono entre las 5,33 tn CO₂/ANUAL que retiene los espacios verdes del cantón, con respecto a los 10282,6 tn CO₂/ANUAL que emite su población urbana al momento de respirar. Desde la fecha de esta investigación, el secuestro de carbono que producen los espacios verdes cubre solamente el 0,5% de las emisiones de CO₂ que genera su población, devenido en gran medida por la edad que presentaban las especie arbóreas (fase de crecimiento), dando lugar a que los índices de captación de carbono sean mínimos

Palabras clave: Alométricas, balance, carbono, secuestro, urbana.

Abstract

This research aimed to determine the carbon sequestration of green spaces in the urban area of La Troncal canton, using allometric equations. The research area was established in 18 green spaces, covering a total area of 3.43 hectares, and identifying 465 individuals belonging to 22 types of timber species. A diameter tape, a hypsometer, and technical guidelines for Diameter at Breast Height (DBH) were used as basic tools for measuring the biomass and carbon sequestration of these plant materials. The information was collected in two surveys conducted on October 29, 2022, and November 26, 2022. The biomass calculated in the last sample reached a value of 10.65 tn/ha and carbon sequestration of 5.33 tn/ha. Between these two samples, there was an increase of 1.13%.

Subsequently, a carbon balance was performed between the 5.33 tons of CO₂/YEAR retained by the canton's green spaces and the 10,282.6 tons of CO₂/YEAR emitted by its urban population when breathing. Since the date of this research, the carbon sequestration produced by green spaces covers only 0.5% of the CO₂ emissions generated by its population, largely due to the age of the tree species (growth phase), resulting in minimal carbon capture rates.

Keywords: Allometrics, balance, carbon, sequestration, urban.

Introducción

El CO₂ es considerado el tercer gas responsable de la generación de gases de efecto invernadero que se dirigen hacia la atmósfera. La acumulación de este y otros gases son los responsables del deterioro de la capa de ozono que ha dado origen al cambio climático, el cual constituye una alteración atribuible a las actividades naturales o humanas que provoca el incremento de temperatura en la superficie terrestre. Este incremento ocasiona el derretimiento de los casquetes polares que cumplen con la función de reflejar la gran mayoría de los rayos solares y de mantener una temperatura adecuada al planeta Tierra (Erazo-Camacho, 2022). De acuerdo con la publicación de la *Revista internacional de investigación en salud ambiental*, en su artículo *Investigación de la producción de CO₂ en función de la actividad física de los estudiantes* indica que las concentraciones de CO₂ emitidas a la atmósfera por respiración celular de un individuo, expulsa 6,91 mg/s. Esto significa que una persona expulsa 0,39 gramos por minuto de CO₂, por ende, en un día expulsa 561,6 gramos de CO₂, y al año expulsa 0,20 toneladas de CO₂ (Kapalo et al., 2018).

En el mundo existe aproximadamente 7,9 billones de personas (Worldometer, 2022) que equivale a una liberación de 1,58 gigatoneladas de CO₂ al año. En Ecuador, su población aproximada es de 17,6 millones de ciudadanos (Expansión, 2022) que equivale a una producción de 3,52 megatoneladas de CO₂. Estos valores de CO₂ registrados son únicamente por producto de la respiración celular que genera la población humana, lo cual forma parte del incremento anual de los gases de efecto invernadero.

Las plantas tienen la capacidad de producir oxígeno, retener y absorber determinadas concentraciones de CO₂ de la atmósfera mediante un procedimiento químico. Este procedimiento es conocido como fotosíntesis, que tiene la capacidad de capturar CO₂ mediante sus hojas y de liberar oxígeno en su fase lumínica. Las plantas, además de mejorar la calidad de aire que respira la población humana y de reducir las concentraciones de CO₂, transforman este gas en carbono y forma parte de la materia orgánica de la planta (Cordero, 2020).

Los árboles maderables son los pulmones del planeta porque tienen características de purificar el aire y de retener o almacenar mayores concentraciones de CO₂, proceso conocido como secuestro de carbono. El CO₂ secuestrado es almacenado en el tronco en forma de carbono. Las autoridades responsables que gobiernan cada ciudad tienen la responsabilidad y obligación de construir espacios verdes para purificar el aire que respiran los ciudadanos y combatir el efecto invernadero ocasionado por las actividades humanas (Benavidez, 2017).

Cibraro (2020) afirma que los espacios verdes “son sitios en donde predomina la vegetación, que son considerados verdaderas joyas en las ciudades, porque aportan a la regulación climática, son refugio de biodiversidad, promueven la realización de actividades físicas y son puntos de interacción social”. Sin embargo, en la actualidad el valor de los espacios verdes se va perdiendo debido a que no cumple con la suficiente cantidad requerida según el índice poblacional de la ciudad o utilizan especies no maderables que tienen capacidades mínimas e inexistentes de secuestro de carbono.

La cantidad de plantas necesarias para cubrir la demanda de emisiones de CO₂ de un solo ciudadano, depende del secuestro de carbono que tienen las plantas. Esta capacidad se sujeta a la familia que pertenezcan las plantas y los años de crecimiento.

Materiales y métodos

Tipo de investigación

La presente investigación posee características de campo y laboratorio, su diseño se basó en un análisis de característica cuantitativa—observacional, en el cual se identificó las especies maderables que forman parte de los espacios verdes urbanos de la ciudad La Troncal.

El nivel que tiene esta investigación es correlacional y explicativa.

Es correccional y justifica la capacidad de absorción de CO₂ en el secuestro de carbono, y depende de la especie maderable emplazada en los espacios verdes, mientras que las emisiones de este gas están sujetas al número de habitantes que forman parte de la población urbana en el cantón.

Es explicativa y fundamenta la ausencia de evidencia que relaciona la cantidad necesaria de espacios verdes en función del secuestro de carbono, y las concentraciones de CO₂ que genera la respiración humana de una determinada población en cuestión de la calidad de aire.

Diseño de investigación

Este estudio tiene característica de tipo no experimental de campo, en el cual se identificaron las especies maderables que forman parte de los espacios verdes urbanos de la ciudad La Troncal, recopilando datos y estableciendo el Diámetro de Altura de Pecho (DAP), como referencia para el muestreo de materiales de análisis. Posteriormente, con esta información se procedió a calcular el secuestro de carbono con el uso de ecuaciones alométricas. Los resultados obtenidos evidenciaron una insuficiente disponibilidad de espacios verdes en la ciudad, lo que limita su capacidad para contribuir eficazmente a los procesos de purificación del aire, en la zona urbana, en relación con las cantidades emitidas de CO₂ por respiración humana.

Diseño muestral

Se utilizó un muestreo no probabilístico definido como muestreo bola de nieve, debido a que no existe un inventario de las especies maderables que forman parte de los espacios verdes en el área urbana del cantón La Troncal.

La información facilitada por el Departamento de Ambiente del G.A.D. La Troncal, permitió agrupar a los individuos pertenecientes a una misma especie, mediante la observación e identificación de las plantas que forman parte de estos espacios verdes. Con ello, posteriormente fue posible recolectar la data necesaria, que se aplicó en el cálculo del secuestro de carbono.

Recursos materiales y equipos

Los recursos que se utilizaron durante todas las fases de esta investigación fueron: cinta diamétrica, hipsómetro Nikon Forestry Pro II, dispositivo móvil (Smart phone), aplicación georreferenciada Handy GPS, calculadora, software (Excel, ArcMap 10.8, Word, AutoCAD), laptop y libreta.

Métodos y técnicas

Las pruebas de campo de esta investigación se realizaron en los espacios verdes del área urbana que forman parte del cantón La Troncal, donde se determinó el secuestro de carbono que tiene estas especies, mediante el uso de ecuaciones alométricas y las concentraciones de CO₂ que emite la población urbana, con el uso de las siguientes técnicas:

Área de los espacios verdes urbanos del cantón La Troncal. Para conocer las coordenadas de las áreas que forman parte de los espacios verdes, se utilizó las técnicas de investigación asociadas con

el geoposicionamiento “Coordenadas geográficas y la proyección UTM” (Fernández, 2001). Esta estrategia consiste en considerar un punto de partida direccionado al Norte (N) mediante una brújula digital o física para, posteriormente, tomar las coordenadas en función de las manecillas del reloj con el uso de la aplicación Handy GPS, en la cual se considera un mínimo de 4 puntos en el plano x,y. Con esta aplicación se utilizó el sistema de coordenadas UTM WGS 84, que permitió localizar las coordenadas en estos 18 espacios verdes del cantón (Plasencia, 2021).

A través del *software* AutoCAD, se determinó el área ocupada por los espacios verdes urbanos, mediante el uso de la función polilínea, la cual considera las coordenadas en x,y, para graficar el polígono. De la misma manera, con la herramienta de medir área se obtuvo el valor esperado (AutoCAD, 2019).

Densidad de individuos que pertenecen a las especies maderables. Se encontraron 465 individuos en estos espacios verdes, en donde se utilizó la aplicación Picture This, para identificar a qué especie pertenecen los árboles. Al contar con una amplia base de datos, cuyo registro consta con más de 10 000 especies, su exactitud fue del 98%. De esta manera, se reconoce las diversas especies mediante un motor de reconocimiento que comparte información con Google analítico para la respectiva identificación del individuo evaluado (Bermudez, 2018). Una vez identificados los árboles con la aplicación, se contabilizó el número de individuos que pertenecen a la misma especie.

Ubicación geográfica de los espacios verdes y las especies maderables. Con los resultados de las áreas y especies identificadas en los espacios verdes urbanos del cantón, se realizó mapas temáticos de la ubicación, junto a las especies alojadas en el mismo. Para que los planos sean representativos se empleó el programa ArcMap, perteneciente a ArcGIS.

Con el *software* ArcMap se procesó información del GIS para visualizar con el ingreso de información de carácter georreferencial a escala de cada espacio verde identificado (Alvarado, 2021).

Tamaño de la muestra de las especies maderables a evaluar. Debido a que los 465 individuos que pertenecen a las 22 especies arbóreas resultan en un número elevado para estimar el diámetro y altura de un árbol, se consideró analizar 338 individuos, o el equivalente al 78% del número total de árboles. Cabe mencionar que el tamaño de la muestra únicamente se utiliza para calcular valores promedios, que es esencial en el desarrollo de las ecuaciones alométricas

Criterios del D.A.P y altura (m) de árboles. La población de árboles seleccionados están identificados como jóvenes, por lo que se realizó dos muestreos en un lapso de un mes, por ende, se consideró esta propuesta de acuerdo con la metodología empleada en la investigación de *Valoración económica del servicio de secuestro de carbono* (Miranda, 2018). Este estudio consiste en comprobar, con respecto al tiempo, la posibilidad de una diferenciación de la capacidad de retener el carbono en especies maderables jóvenes, por lo cual se obtuvieron los valores de la altura (m) y diámetro (cm) de los árboles. El primer monitoreo se lo realizó el 29 de octubre de 2022 y el segundo el 26 de noviembre de 2022.

Para obtener el diámetro de las especies maderables identificadas en el tamaño del muestreo, su proceso de llevó a cabo aplicando las técnicas del D.A.P. Se utilizó una cinta diamétrica (cm), la cual se mide en proporción a 1,3 m de altura o en proporción hacia la altura del pecho. En el caso de que el individuo mida menos de esta altura, se considera unos 30 centímetros al punto de transición entre las raíces y el tronco para los árboles que tienen más de una furcación (división de más de un tronco en un solo individuo). Si esta furcación supera los 1,3m de altura, se considera una sola

medición, pero si es inferior a este valor, se considera tomar los diámetros de acuerdo con el número de divisiones que tiene el tronco. En este caso, se calcula el diámetro promedio (Reynaga, 2013).

Se calculó la altura de los árboles con el uso del hipsómetro marca Nikon, modelo Forestry Pro-II. El instrumento puede registrar tanto la altura total como la altura comercial e inclusive los ángulos adyacentes y distancias. De acuerdo con la ecuación alométrica que se está utilizando, se considera únicamente la altura comercial.

Con el hipsómetro se toman dos lecturas a una distancia en la cual el enfoque sea adecuado y pueda observarse la altura del árbol. Con ello, se fundamenta la primera lectura desde la copa del árbol y la segunda a partir de la base del tronco. Después de seguir estas observaciones, el instrumento indica directamente la altura comercial del árbol en metros (Nikon, 2019).

Biomasa (tn/ha) y capacidad de retención en el secuestro de carbono (tn/CO₂ ANUAL). En base a la información obtenida acerca de la altura y diámetros del primer y segundo muestreo, se calculó la biomasa y secuestro de carbono utilizando la ecuación alométrica (método no destructivo) e identidades matemáticas indicadas en la *Guía práctica de medición de carbono en la biomasa forestal* (Ruso, 2009). En ella, se identificaron los parámetros necesarios para la ecuación:

Área basal. Sumatoria de las áreas transversales (valores del DAP medio), de cada especie de árbol identificadas en una hectárea por una constante matemática (0,7854), multiplicado por el número de árboles por hectáreas (N).

$$AB = \sum_{i=1}^n at_i$$

$$AB = \left[(\text{DAP medio})^2 \times 0,7854 \right] (\text{m}^2/\text{arb}) \times N (\text{arb}/\text{ha})$$

Volumen. Para calcular el volumen se considera el producto de AB, multiplicado por la altura y el coeficiente de forma (relación entre el volumen real y el volumen aparente de un árbol), es el volumen maderable o volumen de los fustes.

$$V = AB \times H \times 0,5$$

Cuantificación de biomasa. En base a los parámetros anteriormente mencionados y de acuerdo con la *Guía práctica de medición de carbono en la biomasa forestal* (Ruso, 2009), se puede obtener la cuantificación del carbono mediante el producto del volumen maderable (m³), que debe convertirse a peso en seco (ton) y multiplicarse por un factor de conversión conocido como densidad básica de la madera (D) en t/m³ (Luna et al., 2021).

$$\text{Biomasa} = \text{Vol m}^3/\text{ha} \times 0,5\text{ton}/\text{m}^3$$

Carbono retenido o secuestro de carbono. Es el producto del volumen, multiplicado por el contenido de materia seca (% MS, se considera el 50%), y por el contenido de Carbono en la masa MS (%C=50%), aceptado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC]) que almacenan anualmente.

$$\text{Cantidad de C} = \text{Vol.} \times 0,5 \times 0,5$$

Para no sufrir alteraciones en los resultados de la ecuación alométrica, se consideró el área total de estos espacios debido a que, la misma ecuación considera un valor de número de árboles por hectárea y únicamente se obtiene la información de hectárea si se suman todas las áreas de estos espacios (3.43 ha). De tal forma, el valor del área total no altera los resultados al momento de calcular la biomasa y el secuestro de carbono de las especies maderables identificadas en ambos muestreos. Por último, se calculó la altura promedio y valores del D.A.P promedio (diámetro del árbol en metros) de cada unidad experimental, en base a la ecuación alométrica de ambos muestreos.

Cantidad de CO₂ que libera la población urbana del cantón La Troncal en su respiración humana anualmente. Se conoce que una sola persona libera aproximadamente 0,20 toneladas de CO₂ anualmente al momento de respirar (función fisiológica), de acuerdo con la investigación de Kapalo et al. 2018. Por consiguiente, en conformidad con los valores de proyección poblacional según el INEC (2020), la densidad poblacional de la zona urbana del cantón La Troncal alberga aproximadamente de 51 413 habitantes para el año de 2022. Esta información se utilizó para instaurar una regla de tres simples y determinar las emisiones de CO₂ de su población.

$$\frac{\text{Co}_2 \text{ emitido}}{X} = \frac{N^\circ}{N^\circ \text{ población urbana}}$$

En donde:

CO₂ emitido= 0,2 t de CO₂/anual emitido por un solo individuo.

N°= se define a un individuo que tiene la capacidad de producir esta cantidad de CO₂ anualmente.

N°= población urbana se define a la cantidad de individuos aproximada en el cantón La Troncal, que equivale a 51 413 individuos.

X = se define a la variable a determinar acerca de la cantidad de CO₂ emitida por su población urbana.

Balance de carbono entre las cantidades de CO₂ emitida por su población urbana y el secuestro de carbono por las especies dominantes. El balance de carbono consistió en comparar los resultados del secuestro de carbono que tienen las especies maderables que forman parte de los espacios verdes urbanos del cantón La Troncal, con las emisiones emitidas de CO₂/ANUAL de su población. Si el valor de los resultados muestra cifras positivas, los arbolados que se encuentran en estos espacios, abastecerían la demanda de CO₂ que libera la población urbana, hacia la atmosfera; pero si los valores son negativos, muestra su insuficiencia frente a este proceso.

Se utilizó una entidad matemática de estos resultados para determinar el balance de carbono.

$$\text{BCO}_2 = \text{SCO}_2 - X$$

En donde:

BCO₂, se define al resultado del balance de carbono de las comparaciones mencionadas.

SCO₂, se define al secuestro de carbono calculada en el segundo muestreo de las especies maderables identificadas en los espacios verdes urbanos del cantón, “5,33 CO₂ tn/ha anual”.

X, se define a la variable obtenida de la regla de tres simples que equivale a 10 282,6 CO₂/ANUAL emitido por su población urbana.

Resultados y discusión

Determinación de las superficies de los espacios verdes de la zona urbana del cantón La Troncal

Área de los espacios verdes

Se utilizó la metodología propuesta de Fernández (2001) y la información proporcionada por el G.A.D. municipal La Troncal, acerca de los 18 espacios verdes urbanos que se considera en la ciudad, para calcular el área que ocupan estos lugares. El área total de estos espacios se calculó utilizando AutoCAD, por lo cual se alcanzó un valor de 34 375,37 m², el equivalente a 3,43 hectáreas (has). De estos espacios, el parque “urbano La Troncal”, ocupa la mayor superficie con un valor de 6 128,5 m², lo que representa el 17,82% del área total de los 18 espacios verdes. El espacio verde más pequeño se ubica en la Ciudadela Pablo Estrada que ocupa un área de 259 m² (ver Tabla 1).

Tabla 1

Áreas de los espacios verdes

Ubicación de los espacios verdes	Área (m ²)
Parque de la ciudadela Filanbanco	1130
Parque voluntad de Dios	1511,5
Infraestructura comunal “Voluntad de Dios”	1205
Terminal terrestre La Troncal	1644
Parque de Malla	1696,5
Parque San Gerardo	3064,5
Parque el Zafrero	555
Ciudadela Pablo Estrada	259
Parque urbano “La Troncal”	6128,5
Parque vía a Playa seca “El Piedrero”	1302,5
Av. Berigno Crespo	2842,5
Av. 25 de agosto	2117,5
Av. Alfonso Andrade	2457
Entrada al centro de salud tipo C “La Troncal	429,5

Ubicación de los espacios verdes	Área (m2)
Entrada al coliseo La Troncal	495,5
Entrada a la Universidad católica de Cuenca	4931,12
Parque La Vivienda	1406,25
Parque Santa Rosa	913
Área (m2) Total	34375,37

Especies maderables identificadas

Durante la valoración de las especies maderables no se encontró ningún individuo en los espacios verdes que forman parte del parque Voluntad de Dios y en la entrada “Centro de salud tipo C”. Sin embargo, se ubicaron individuos experimentales en la Calle Alfonso Andrade y, a pesar de que no se encuentra dentro de los espacios verdes, se incluyeron estos especímenes por el espacio ocupado.

Los 465 árboles identificados pertenecen a 22 tipos de especies maderables (ver Tabla 2), en los cuales, las 3 especies que predominan en su densidad son el matapalo (*Ficus benjamina*), que cuenta con 199 individuos y ocupa el 43% de los árboles identificados, seguida del Guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*), que cuenta con 104 individuos, por lo que constituye el 22%, y el almendro indio (*Terminalia catappa*), que dispone de 67 individuos y abarca el 14%.

Tabla 2

Especies maderables identificadas en los espacios verdes que forman parte del cantón La Troncal

Especie maderable identificada		Número de individuos pertenecientes a la especie
Nombre común	Nombre científico	
Almendro indio	<i>Terminalia catappa</i>	67
Pino de Norfolk	<i>Araucaria heterophylla</i>	19
Matapalo	<i>Ficus benjamina</i>	199
Tulipán africano	<i>Spathodea campanulata</i>	30
Laurel de la india	<i>Ficus microcarpa</i>	1
Pompón	<i>Calliandra haematocephala</i>	2

Especie maderable identificada		Número de individuos pertenecientes a la especie
Nombre común	Nombre científico	
Balsa	Ochroma pyramidale	3
Guayaba	Psidium guajava	1
Paraíso sombrilla	Melia azedarach	9
Naranja amargo	Citrus × aurantium	4
Pomelo chino	Citrus máxima	1
Guayacán amarillo	Handroanthus chrysanthus	104
Árbol del caucho	Hevea brasiliensis	6
Árbol de la felicidad	Dracaena Fragrans Massangeana	2
Alcanforero	Cinnamomum camphora	1
Árbol de Mango	Mangifera indica	1
Jambolán	Syzygium cumini	2
Frutipan	Artocarpus altilis	4
Árbol de la seda	Albizia julibrissin	6
Teca	Tectona grandis	1
Higuera	Ficus carica	1
Guanábana	Annona muricata	1
N° Total de individuos identificados		465

Cuantificación de la biomasa y el secuestro de carbono que tienen las especies maderables de la zona urbana del cantón La Troncal

Biomasa y secuestro de carbono de las especies maderables identificadas en los espacios verdes urbanos del cantón La Troncal del primer muestreo (29/10/2022)

Se registraron los valores de la altura y el diámetro del árbol con las técnicas mencionadas en el tamaño de la muestra del día 29 de octubre de 2022, así como la estimación de la biomasa y secuestro del carbono (Ruso, 2009) de los 465 individuos identificados en los espacios verdes urbanos de la ciudad La Troncal.

Se calculó durante el primer muestreo que la biomasa de los 465 individuos alcanzó un valor de 10.53tn/ha y que el secuestro de carbono es de 5.26 tn/ha. De las 22 especies maderables, la que tiene mayor captura de carbono en densidad es la especie Frutipan (*Artocarpus altilis*), alcanzando una captación de 1,60 CO₂ tn/ha/año por cuatro individuos que se registran. Por otro lado, la especie que menos capta carbono en su densidad es el árbol de la felicidad 0,001 CO₂ tn/ha/año.

La especie que más capta el CO₂ por individuo es el Alcanforero (*Cinnamomum camphora*) 0,49 CO₂ tn/ha/año; esto debido a que, el Alcanforero posee una altura de 12,2 m y un D.A.P de 0,45 m, lo que permitió este valor en el secuestro de carbono. La mayoría de las especies maderables poseen una altura inferior a los 2 m y un diámetro menor de los 0,15 m (ver Tabla 3).

Tabla 3*Biomasa y secuestro de carbono de especies maderables muestreadas (29/10/2022)*

Especies maderables		N° arb/ha	D.A.P (m)	Altura (m)	Área basal m ²	volumen (m ³)	Biomasa tn/ha	Secuestro de carbono tn/ha
Nombre común	Nombre científico							
Matapalo	Ficus benjamina	199	0,13	1,8	2,64	4,75	2,38	1,19
Guayacán amarillo	Handroanthus chrysanthus	104	0,09	1,88	0,66	1,24	0,62	0,31
Almendro indio	Terminalia catappa	67	0,07	1,84	0,26	0,47	0,24	0,12
Tulipán africano	Spathodea campanulata	30	0,08	2,39	0,15	0,36	0,18	0,09
Pino de Norfolk	Araucaria heterophylla	19	0,07	3,36	0,07	0,25	0,12	0,06
Laurel de la india	Ficus microcarpa	1	0,35	2,4	0,10	0,23	0,12	0,06
Pompón	Calliandra haematocephala	2	0,1	1,75	0,02	0,03	0,01	0,01
Balsa	Ochroma pyramidale	3	0,26	3,6	0,16	0,57	0,29	0,14
Guayaba	Psidium guajava	1	0,13	2,4	0,01	0,03	0,02	0,01
Paraíso sombrilla	Melia azedarach	9	0,08	1,07	0,05	0,05	0,02	0,01

Naranja amargo	Citrus × aurantium	4	0,1	2,9	0,03	0,09	0,05	0,02	
Pomelo chino	Citrus máxima	1	0,07	1,6	0,004	0,01	0,003	0,002	
Árbol del caucho	Hevea brasiliensis	6	0,11	1,75	0,06	0,10	0,05	0,02	
Árbol de la felicidad	Dracaena Massangeana	Fragrans	2	0,04	1,55	0,003	0,004	0,002	0,001
Alcanforero	Cinnamomum camphora	1	0,45	12,2	0,16	1,94	0,97	0,49	
Árbol de mango	Mangifera indica	1	0,49	8,6	0,19	1,62	0,81	0,41	
Jambolán	Syzygium cumini	2	0,33	9,2	0,17	1,57	0,79	0,39	
Frutipan	Artocarpus altilis	4	0,43	11	0,58	6,39	3,19	1,60	
Árbol de la seda	Albizia julibrissin	6	0,21	3,9	0,21	0,81	0,41	0,20	
Teca	Tectona grandis	1	0,28	8,2	0,06	0,50	0,25	0,13	
Higuera	Ficus carica	1	0,07	2,5	0,004	0,01	0,005	0,002	
Guanábana	Annona muricata	1	0,1	3,1	0,01	0,02	0,01	0,01	

Nota. Valores de la biomasa y el secuestro de carbono utilizando la ecuación alométrica propuesta por Ruso, 2009.

Por su parte, con respecto a los espacios verdes identificados, el que alcanzó una mayor captura de carbono es el “Parque de la Vivienda”, con un valor de 1,92 tn/ha, mientras que el área que alcanzó la menor captación de carbono es el parque “El Zafrero”, con un valor de 0,003 tn/ha (ver Tabla 4). La diferencia del secuestro de carbono en los espacios verdes depende del número de individuos, y el tipo de especie maderable a la que pertenecen.

Tabla 4

Biomasa y secuestro de carbono total en los espacios verdes urbanos (20/10/22)

Lugar	Biomasa tn/ha	Secuestro de carbono tn/ha
Parque Filanbanco	0,05	0,023
Infraestructura comunal voluntad de Dios	0,05	0,024
Terminal Terrestre La Troncal	0,18	0,090
Cancha de malla	0,48	0,242
Parque San Gerardo	0,12	0,062
Parque urbano	0,97	0,485
Parque vía a playa seca “El Piedrero”	0,15	0,076
Calle Berigno Crespo	0,20	0,102
Parque el Zafrero	0,01	0,003
Av. 25 de agosto	1,13	0,567
Av. Alfonso Andrade	0,48	0,239
Calle Alfonso Andrade	0,02	0,012
Entrada al Coliseo	0,08	0,038
Entrada Universidad Católica de Cuenca	2,61	1,303
Parque La Vivienda	3,84	1,922
Parque Santa Rosa	0,16	0,078

Nota. Valores de la biomasa y el secuestro de carbono en los espacios verdes de la ciudad La Troncal utilizando la ecuación alométrica de (Ruso, 2009).

Biomasa y secuestro de carbono de las especies maderables identificadas en los espacios verdes urbanos del cantón La Troncal del segundo muestreo (26/11/2022)

En el segundo muestreo, se utilizaron las técnicas y metodologías aplicadas durante el primer muestreo, en el cual la biomasa acumulada alcanzó un valor de 10,65 tn/ha, y el secuestro de carbono pondera un valor de 5,33 tn/ha. De la misma forma, las especies que se consideraron que tienen mayor captura de carbono por densidad de los individuos identificados es la especie Frutipan (*Artocarpus altilis*) con 1,60 60 CO₂ tn/ha, frente a la de menor captación representada por la especie árbol de la felicidad 0,001 CO₂ tn/ha (ver Tabla 5). Las especies adultas durante el muestreo no presentaron cambios significativos en biomasa y secuestro de carbono.

Tabla 5*Biomasa y secuestro de carbono de especies maderables muestreadas (29/10/2022)*

Especies maderables		N° arb/ha	D.A.P (m)	H (m)	Área basal m2	Volumen m3	Biomasa tn/ha	Secuestro de carbono tn/ha
Nombre común	Nombre científico							
Matapalo	Ficus benjamina	199	0,13	1,8	2,64	4,75	2,38	1,19
Guayacán amarillo	Handroanthus chrysanthus	104	0,09	1,89	0,66	1,25	0,63	0,31
Almendro indio	Terminalia catappa	67	0,08	1,85	0,34	0,62	0,31	0,16
Tulipán africano	Spathodea campanulata	30	0,08	2,42	0,15	0,36	0,18	0,09
Pino de Norfolk	Araucaria heterophylla	19	0,08	3,36	0,10	0,32	0,16	0,08
Laurel de la india	Ficus microcarpa	1	0,35	2,4	0,10	0,23	0,12	0,06
Pompón	Calliandra haematocephala	2	0,1	1,75	0,02	0,03	0,01	0,01
Balsa	Ochroma pyramidale	3	0,26	3,6	0,16	0,57	0,29	0,14
Guayaba	Psidium guajava	1	0,13	2,4	0,01	0,03	0,02	0,01
Paraíso sombrilla	Melia azedarach	9	0,08	1,17	0,05	0,05	0,03	0,01

Naranja amarga	Citrus × aurantium	4	0,1	2,9	0,03	0,09	0,05	0,02
Pomelo chino	Citrus máxima	1	0,07	1,6	0,004	0,01	0,003	0,002
Árbol del caucho	Hevea brasiliensis	6	0,11	1,78	0,06	0,10	0,05	0,03
Árbol de la felicidad	Dracaena Massangeana	2	0,04	1,55	0,003	0,004	0,002	0,001
Alcanforero	Cinnamomum camphora	1	0,45	12,2	0,16	1,94	0,97	0,49
Árbol de mango	Mangifera indica	1	0,49	8,6	0,19	1,62	0,81	0,41
Jambolán	Syzygium cumini	2	0,33	9,2	0,17	1,57	0,79	0,39
Frutipan	Artocarpus altilis	4	0,43	11	0,58	6,39	3,19	1,60
Árbol de la seda	Albizia julibrissin	6	0,21	3,9	0,21	0,81	0,41	0,20
Teca	Tectona grandis	1	0,28	8,2	0,06	0,50	0,25	0,13
Higuera	Ficus carica	1	0,07	2,5	0,004	0,01	0,005	0,002
Guanábana	Annona muricata	1	0,1	3,1	0,01	0,02	0,01	0,01

Nota. Valores de la biomasa y el secuestro de carbono utilizando la ecuación alométrica propuesta por (Ruso, 2009).

En lo que respecta a los espacios verdes con mayor captura de carbono, se mantiene el “Parque de La Vivienda” con valores más altos, el cual representa un valor de 1,92 tn/ha. Por su parte, la menor captación se encuentra en el Parque “El Zafrero” con un valor de 0,004 tn/ha. En este parque se presentó una pequeña variación de los resultados producto de la edad fisiológica de los individuos experimentales (árboles en proceso de crecimiento) (ver Tabla 6).

Tabla 6

Biomasa y secuestro de carbono total en los espacios verdes urbanos (26/11/2022)

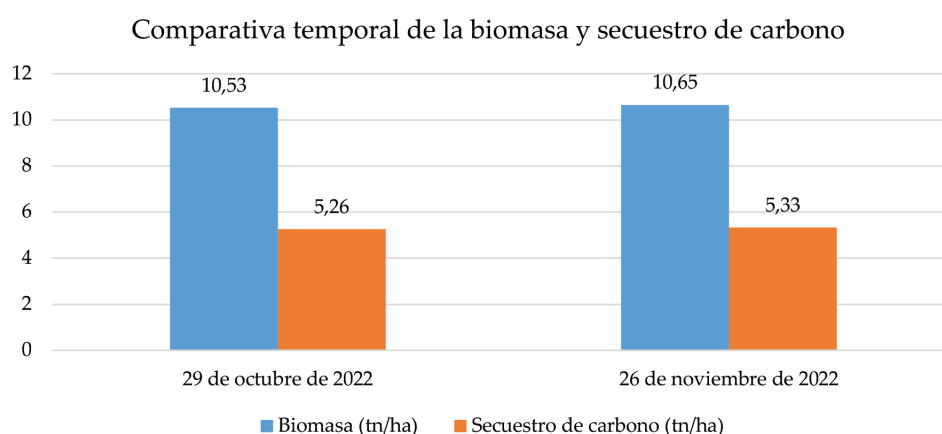
Lugar	Biomasa tn/ha	Secuestro de carbono tn/ha
Parque Filanbanco	0,06	0,03
Infraestructura comunal voluntad de Dios	0,05	0,03
Terminal Terrestre La Troncal	0,18	0,09
Cancha de malla	0,49	0,24
Parque San Gerardo	0,16	0,08
Parque urbano	0,98	0,49
Parque vía a playa seca “El Piedrero”	0,15	0,08
Calle Berigno Crespo	0,20	0,10
Parque el Zafrero	0,01	0,004
Av. 25 de agosto	1,13	0,57
Av. Alfonso Andrade	0,48	0,24
Calle Alfonso Andrade	0,03	0,02
Entrada al Coliseo	0,10	0,05
Entrada Universidad Católica de Cuenca	2,62	1,31
Parque La Vivienda	3,84	1,92
Parque Santa Rosa	0,16	0,08

Nota. Valores de la biomasa y el secuestro de carbono en los espacios verdes de la ciudad La Troncal utilizando la ecuación alométrica de (Ruso, 2009).

Al realizar la comparativa entre los dos muestreos, se encontró un incremento del 1,13% de la biomasa y secuestro de carbono (ver Gráfico 1), debido al crecimiento de las especies maderables. Así, se destacan los especímenes más jóvenes que tuvieron un crecimiento que oscila entre 0,1 a 0,5 cm de diámetro. En lo que respecta a la altura, existió un incremento no superior al 0,1m durante el lapso que abarcaron ambos muestreos.

Figura 1

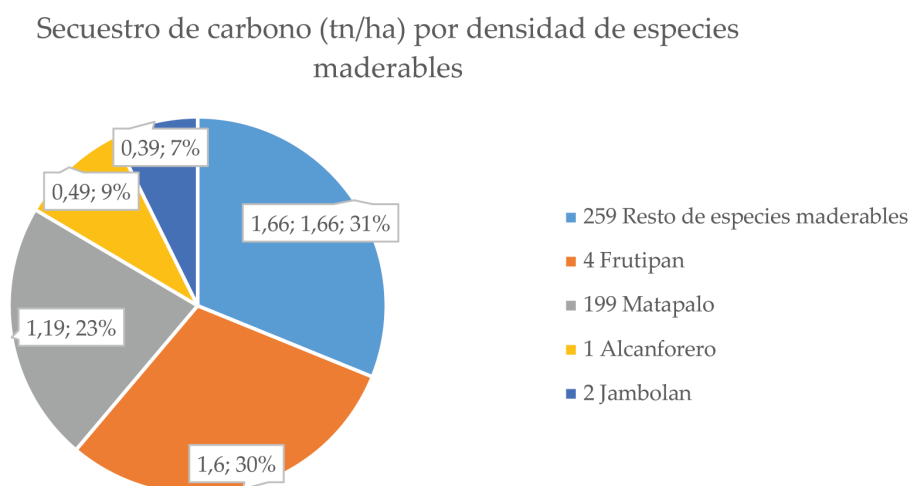
Comparativa temporal de la biomasa y secuestro de carbono de los dos muestreos realizados el 29/10/2022 y el 26/11/2022



De las especies maderables identificadas, la que posee una mayor captación en el secuestro de carbono por densidad es la especie Frutipan (*Artocarpus altilis*), con una capacidad de 1,6 tn/ha, la especie matapalo (*Ficus benjamina*) tiene la capacidad de secuestrar 1,19 CO₂ tn/ha, seguida de la especie Alcanforero (*Cinnamomum camphora*) 0,49 CO₂ tn/ha. El resto de las especies maderables cubren con el 1,66 CO₂ tn/ha de las 5,33 CO₂ tn/ha registradas en el segundo muestreo (ver Gráfico 2).

Figura 2

Secuestro de carbono (tn/ha) por densidad de las especies maderables identificadas en el segundo muestreo

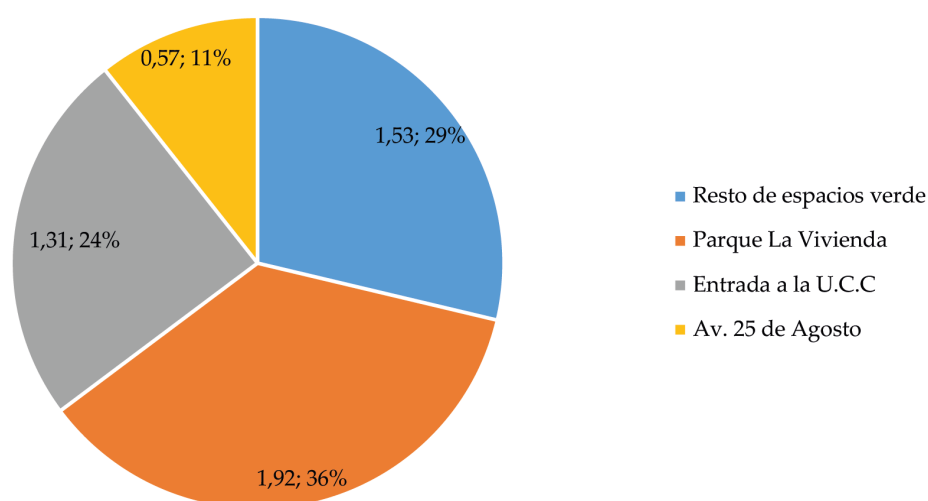


Con lo que respecta a los espacios verdes identificados, se determinó que el “Parque de la vivienda”, es el que más aporta en la captura de carbono con un valor de 1,92 CO₂ tn/ha. La entrada de la Universidad Católica de Cuenca retiene 1,31 CO₂ tn/ha, la Av. 25 de agosto con 0,57 CO₂ tn/ha y el resto de los espacios verdes contribuyen con 1,53 CO₂ tn/ha (ver Gráfico 3).

Figura 3

Secuestro de carbono en los espacios verdes identificados del segundo muestreo

Secuestro de carbono tn/ha en los espacios verdes identificados



Elaboración de un balance de carbono, entre las cantidades de CO₂ emitida por su población urbana y el secuestro de carbono por las especies dominantes

Se calculó que el secuestro de carbono de las especies maderables que forman parte de los espacios verdes del cantón La Troncal, realizado en el segundo monitoreo, obtuvo un valor de 5,33 tn/CO₂/ANUAL y las concentraciones de dióxido de carbono anualmente que emite su población urbana durante la respiración alcanzó un valor de 10 282,6 tn CO₂/ANUAL. Con estas dos entidades se estima que el cálculo del balance de carbono es de -10 367,27 tn CO₂/ANUAL; por consiguiente, el secuestro de carbono que tienen estos espacios verdes no es lo suficiente para abastecer su población, con lo que respecta a calidad de aire (ver Tabla 7).

Tabla 7

Valores considerados para la estimación del balance del carbono

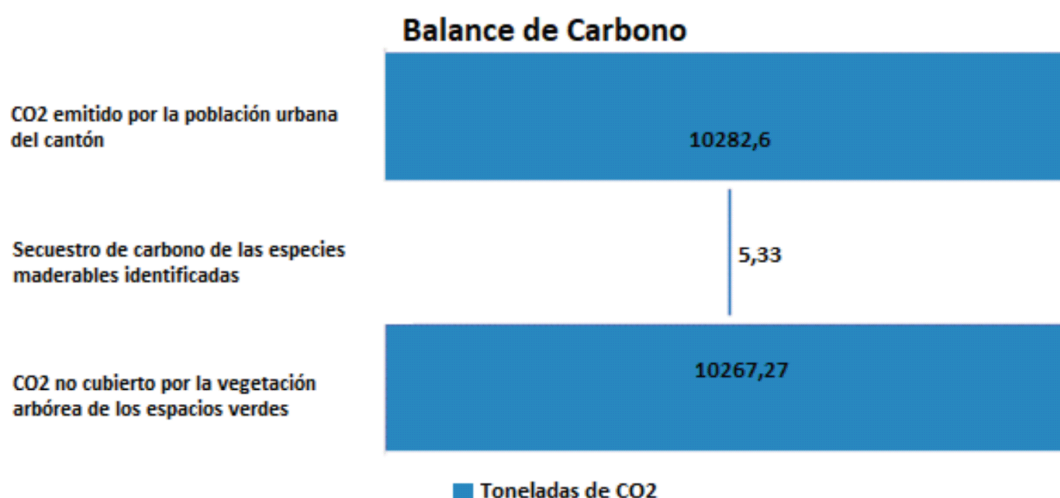
Secuestro de carbono de las especies maderables identificadas (tnCO ₂ /ANUAL)	Cantidad de CO ₂ emitida por la población urbana del cantón La Troncal (tnCO ₂ /ANUAL)	Balance de carbono (tnCO ₂ /ANUAL)
5,33	10 282,6	-10 267,27

Balance de carbono de la población urbana del cantón La Troncal

El secuestro de carbono en estos espacios verdes únicamente cubre el 0,05% del CO₂/ANUAL. Se puede entender que estos resultados negativos son debido a que la mayoría de las especies maderables identificadas están en fase de crecimiento. En consecuencia, la calidad de aire en función a la captación de CO₂ de estos espacios en la ciudad La Troncal no es óptima (ver Gráfico 4).

Figura 4

Balance de carbono entre las emisiones de CO₂ poblacional y la captación de carbono de los espacios verdes urbanos



La densidad de los espacios verdes urbanos del cantón La Troncal comparte una similitud con la investigación propuesta de Rodríguez et al. (2018), en la cual exponen que es necesario conocer el área de estudio (espacios verdes) antes de identificar los individuos para el cálculo de la biomasa y secuestro de carbono. Después de analizar los espacios se procede a considerar un registro de los árboles y a qué especie maderable pertenecen.

En los espacios verdes urbanos del cantón se registraron 465 individuos que pertenecen a 22 especies maderables. Un dato diferente a la investigación de Castillo-Ruperti et al. (2021), que relataron acerca de los servicios ecosistémicos de los árboles que pertenecen a parques y áreas verdes. Por consiguiente, se compara con la investigación presente en la que aparentemente el valor que tienen estos individuos es mínimo por efecto de especímenes que están en vía de desarrollo.

La obtención de los resultados de la biomasa y captura de carbono en los espacios verdes identificados comparten criterios de similitud con la investigación propuesta de Hernández (2018). En su estudio, para calcular estos parámetros es necesario conocer el diámetro y la altura de las especies maderables identificadas, que sirven de complemento para el uso de ecuaciones alométricas en alternativa de los métodos destructivos. Sin embargo, los resultados obtenidos de la biomasa y secuestro de carbono en el cantón La Troncal son inferiores a los resultados estimados por este autor. La razón radica en la diferencia de especies registradas, de las cuales el autor evaluó 1190 individuos y la mayoría de estos individuos eran especímenes adultos, por lo que los resultados de la captura y secuestro del carbono son más elevados.

Al hacer una comparativa acerca del número de muestreos a evaluar para obtener valores de biomasa y secuestro de carbono, de los 465 individuos identificados con la investigación de Castillo-Ruperti et al. (2021), en la investigación, los autores únicamente realizaron un solo monitoreo para determinar el secuestro de carbono. Este proceso se diferencia de la presente investigación, la cual elaboró dos monitoreos con una duración de un mes debido a la variación de los resultados, en especial en los encontrados en especímenes más jóvenes.

Los resultados del balance de carbono entre el secuestro de carbono de las especies maderables y de la población urbana fueron desfavorables. En la investigación de Andrade y Perafán (2021), se elaboró la misma comparativa acerca del balance de carbono en La Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Sus resultados no fueron tan favorables, en ambas investigaciones, no se contó con el suficiente arbolado para abastecer a la población. Además, en el área urbana del Cantón La Troncal, la mayoría de los especímenes están en vía de desarrollo, lo que arroja valores mínimos de la biomasa y secuestro de carbono. Los árboles adultos son los que se obtuvieron un mayor resultado.

Los G.A.D. municipales y el cambio de reforma en las leyes acerca del ordenamiento territorial, en los últimos años, empiezan brindarle una mayor atención a la calidad de aire y el uso de especies que tenga índices de captación de carbono elevado; sin embargo, al tener pocos años con estas normativas, la mayoría de los especímenes requieren de una edad adulta para que retengan mayor carbono, considerando que también se ve influenciado el tipo de especie que se usa, en función de su ciclo de vida y tiempo de crecimiento – desarrollo (Desarrollan más rápido que otras).

Conclusiones

La ciudad de La Troncal está conformada por 18 espacios verdes ubicados en los límites urbanos de la ciudad. La mayor área está ocupada por el parque “urbano La Troncal”, con un valor de 6 128.5 m², la sumatoria total de estos espacios tiene un área de 33 838.87 m². En estas áreas se identificaron 465 árboles conformados por 22 especies maderables diferentes, presentándose como predominante en función de su densidad conocida como matapalo (*Ficus benjamina*) con 199 ejemplares, seguida del Guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*) con 104 individuos y almendro indio (*Terminalia catappa*) con 67 individuos, que son las especies con mayor representación en la ciudad.

Durante el primer y segundo muestreo, los resultados de la biomasa y el secuestro de carbono de las especies maderables identificadas tuvieron un incremento del 1,13%. Se utilizaron las ecuaciones alométricas para obtener la biomasa, por lo cual se alcanzó un valor de 10,65 tn/ha y el secuestro de carbono llegó a 5,33 tn/ha. Los resultados mostraron que la especie maderable predominante en la captación del secuestro de carbono según su densidad es el Frutipan (*Artocarpus*

altilis) con 1,6 CO₂ tn/ha, y el espacio verde con mayor captación fue el “Parque de La vivienda” con una captación de 1,92 CO₂ tn/ha.

La población urbana del cantón La Troncal emite 10 282,6 CO₂/ANUAL durante la respiración, el secuestro de carbono de las especies maderables registradas solo abastece el 0,05% de estas concentraciones de CO₂ que emite su población, por lo cual resta 10 267,27 CO₂/ANUAL por cubrir. Sin embargo, es preciso considerar que las especies maderables encontradas en los espacios verdes urbanos del cantón, no son lo suficiente para abastecer a su población; derivado de la etapa fenológica de las plantas (fase de crecimiento), por lo que, algunos especímenes apenas alcanzan 1m de altura y su diámetro es inferior a 8 cm, valores que influyen en los resultados de la biomasa y secuestro de carbono.

Los árboles no son los únicos agentes que tienen la capacidad en secuestrar carbono, todo organismo que cumple con el proceso de la fotosíntesis presenta esta función. Por consiguiente, se desconoce la contribución que tienen las demás plantas pertenecientes a los espacios urbanos del cantón la Troncal y que influyen en el balance del carbono.

Referencias bibliográficas

- Alvarado, A. (2021) *Nivel de influencia que tiene la implementación de un sistema de información geográfica GIS para la elaboración y eficiencia de un plan de mantenimiento integral en la línea de transmisión de 60kv en Puno* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. Recuperado de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/index.php/Record/UNSA_26249ac713648357774f2ab8a496dfa3
- AutoCAD. (2019). *Acerca de las polilíneas*. Recuperado de <https://help.autodesk.com/view/ACD/2023/ESP/?guid=GUID-392BF13C-D9E7-47A8-8E07-435296332279>
- Benavidez, W. (2017). Los árboles y la importancia de espacios verdes públicos. *Arquitectura +*, 2(3), 22-33. doi.org/10.5377/arquitectura.v2i3.9147
- Bermudez, J. (2018). SOFTANDAPPS. Picture This: app móvil que reconoce plantas a partir de una foto. Recuperado de <https://www.softandapps.info/2018/03/03/picturethis-app-reconoce-plantas/>
- Castillo Ruperti, R., Rodriguez Guerrero, B. y Bravo Meza, K. (2022). Fijación de carbono (CO₂) del arbolado de los parques la rotonda y la Madre, Manabí, Ecuador. *Revista científica multidisciplinaria Arbitrada Yachasun*, 6(10), 8-21. doi.org/10.46296/yc.v6i10.0141
- Cibraro, C. (2020). *La clase de arquitectura como ámbito de reflexión sobre la importancia del diseño de espacios verdes* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/106263>
- Cordero, R. (2020). *La fotosíntesis y sus etapas en el proceso de producción de glucosa en las plantas* (Tesis de grado). Universidad técnica de Babahoyo, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8501>
- Erazo Camacho, M. R. (2022). Consumo de energía no renovable y emisión de CO₂ en un país en vías de desarrollo. *Universidad Y Sociedad*, 14(1), 110-115. Recuperado de <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2616>
- Expansión. (26 de abril de 2022). *Economía y datos de los países [Ecuador: economía y demografía]*. Recuperado de <https://datosmacro.expansion.com/paises/ecuador#:~:text=Ecuador%2C%20con%20una%20poblaci%C3%B3n%20de,68%20habitantes%20por%20Km2.>
- Fernández, I. (2001). Las coordenadas geográficas y la proyección de la UTM. *Academia – Accelerating the world's research. Valladolid*. Recuperado de https://www.academia.edu/12883023/Obsy_World_Geodetic_World_Geodetic?from=cover_page
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. (2020). *Proyecciones poblacionales cantonal* [Archivo Excel]. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/Proyecciones_Poblacionales/proyeccion_cantonal_total_2010-2020.xlsx

- Kapalo, P., Mečiarová, L., Vilčeková, S., Krídlová, E., Domnita, F., Bacotiu, C. & Péterf, K. (2018). Investigation of CO₂ production depending on physical activity of students. *International Journal of Environmental Health Research*, 29(1), 31-44. doi.org/10.1080/09603123.2018.1506570
- Luna, A., Sánchez, A., Maza, J. y Castillo, J. (2021). Biomasa forestal y captura de carbono en el bosque seco de la Reserva Ecológica Arenillas. *Revista científica agroecosistemas*, 9(2), 140-146. Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/480>
- Miranda, I. (2018). *Valoración económica del servicio de secuestro de carbono aportado por la vegetación existente en el centro ecoturístico de Seccsachaca* (Tesis de pregrado). Universidad Continental, Perú. Recuperado de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4838>
- Nikon. (2019). *Manual Nikon Forestry Pro-ii*. Recuperado de <https://www.manualpdf.es/nikon/forestry-pro-ii/manual>
- Plasencia, J. (2021). Colocación de coordenadas geodésicas UTM WGS 84 con ERP y levantamiento fotogramétrico con RPA para fines de habilitación urbana. *Tecno Humanismo*, 1(2), 282-306. Recuperado de <https://tecnohumanismo.online/index.php/tecnohumanismo/article/view/71>
- Reynaga, M. (2013). *Situación de Perú a nivel mundial en relación con el bosque natural*. Recuperado de: <https://www.scribd.com/document/373671934/6-Criterios-Medicion-Arbol-en-Pie>
- Rodríguez, Y., Ajete, A., Orta, S., Rondón, D. y Rivera, J. (2018). Comportamiento del carbono retenido en el arbolado urbano en el sur de la ciudad de Guantánamo. *Revista cubana de ciencias forestales*, 6(3), 284-299. Recuperado de <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/348/>
- Ruso, R. (2009). *Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal. Unidad de Carbono Neutro, Universidad EARTH*. Costa Rica. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/236593400_GUIA_PRACTICA_PARA_LA_MEDICION_DE_LA_CAPTURA_DE_CARBONO_EN_LA_BIOMASA_FORESTAL
- Worldometer. (26 de abril de 2022). *Población mundial actual*. Recuperado de [https://www.worldometers.info/es/poblacion-mundial/#:~:text=Poblaci%C3%B3n%20Mundial%3A%207.9%20Billones%20de%20Personas%20\(2022\)%20%2D%20Worldometer](https://www.worldometers.info/es/poblacion-mundial/#:~:text=Poblaci%C3%B3n%20Mundial%3A%207.9%20Billones%20de%20Personas%20(2022)%20%2D%20Worldometer)