



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

**DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO**

TEMA:

**CÁLCULO DEL CARBONO SECUESTRADO EN LA BIOMASA AÉREA EN EL
PARQUE METROPOLITANO GUANGÚILTAGUA PARA APOYAR INICIATIVAS DE
DISMINUCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA CIUDAD DE QUITO**

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Magister en Biodiversidad y Cambio Climático

Autor(a)

Crespo Nuñez Ximena Luz

Tutor(a)

PhD. Donoso Vargas David Andrés

QUITO – ECUADOR

2021

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo Ximena Luz Crespo Nuñez declaro ser autor del Trabajo de Investigación con el nombre “Cálculo del carbono secuestrado en la biomasa aérea en el Parque Metropolitano Guanguiltagua para apoyar iniciativas de disminución de la huella de carbono de la ciudad de Quito.”, como requisito para optar al grado de Magíster en Biodiversidad y Cambio Climático y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI). Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, aceptó que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 22 días del mes de octubre de 2021, firmo conforme:

Autor: Ximena Luz Crespo Nuñez

Firma: 

Número de Cédula: 1711117836

Dirección: Pichincha, Quito, Calderón, San Ignacio de Calderón.

Correo Electrónico: xi-luz@hotmail.com

Teléfono: 0995662864

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “CÁLCULO DEL CARBONO SECUESTRADO EN LA BIOMASA AÉREA EN EL PARQUE METROPOLITANO GUANGÜILTAGUA PARA APOYAR INICIATIVAS DE DISMINUCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA CIUDAD DE QUITO.” presentado por Ximena Luz Crespo Nuñez, para optar por el Título Magister en Biodiversidad y Cambio Climático

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 22 de octubre del 2021



Firmado electrónicamente por:
**DAVID ANDRES
DONOSO VARGAS**

PhD. David Andrés Donoso Vargas

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magister en Biodiversidad y Cambio Climático, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 22 de octubre 2021



Ximena Luz Crespo Nuñez

1711117836

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: CÁLCULO DEL CARBONO SECUESTRADO EN LA BIOMASA AÉREA EN EL PARQUE METROPOLITANO GUANGÜLTAGUA PARA APOYAR INICIATIVAS DE DISMINUCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA CIUDAD DE QUITO, previo a la obtención del Título de Magister en Biodiversidad y Cambio Climático, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, 22 de octubre de 2021

NORA HELENA
OLEAS GALLO

Firmado digitalmente por
NORA HELENA OLEAS GALLO
Fecha: 2021.10.18 16:15:54
-05'00'

.....
Nora Oleas Gallo
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
SANTIAGO
PATRICIO
BONILLA BEDOYA

.....
Santiago Bonilla Bedoya
EXAMINADOR



Firmado electrónicamente por:
DAVID ANDRES
DONOSO VARGAS

.....
David A. Donoso
DIRECTOR DE TRABAJO

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mi esposo Vladimir Sancho y mis hijos José y Samantha porque su amor y apoyo han sido siempre mi inspiración, y el motor que impulsó mi deseo de seguir creciendo como persona y profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Tecnológica Indoamérica y a todos mis docentes por sus valiosas enseñanzas, pero con especial sentimiento a mi maestro David Donoso quien inculcó en mí el deseo de escribir. No puedo dejar de agradecer a mis padres Ximena y Benigno y mi hermana mayor Anahí quienes fueron siempre un ejemplo de lucha constante y de aprendizaje. Con especial afecto a mis compañeras de maestría Marcia y Karina, personas que llevaré siempre en mi corazón.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
AUTORIZACIÓN PARA EL REPOSITORIO DIGITAL	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
El Calentamiento Global	1
El impacto del Ecuador en el Calentamiento Global	3
El impacto de Quito en el Calentamiento Global	4
Carbono secuestrado en ecosistemas terrestres: principales reservorios	5
Carbono secuestrado en árboles en ciudades y parques	6
Iniciativas para disminuir la Huella de carbono a través de los parques urbanos	7
Teledetección	9
OBJETIVOS	11
Objetivo General:	11
Objetivo Específico:	11
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	12
Área de estudio	12
Métodos	14
Obtención de los valores de NDVI del Parque Metropolitano Guangüiltagua mediante imagen del satélite LANSAT 8 en una escala de tiempo.	14
Estimación del Carbono secuestrado y CO ₂ fijado con imagen del satélite SENTINELA 2	15

Estimación del Carbono secuestrado y CO ₂ fijado utilizando ecuaciones alométricas	16
Comparación de datos obtenidos de carbono y CO ₂ fijado entre el uso de una imagen de SENTINELA 2 y datos obtenidos en campo	19
Proyección del CO ₂ fijado en las zonas de arbolado del Parque Metropolitano Guangüiltagua	19
CAPÍTULO III: RESULTADOS	20
Obtención de los valores de NDVI del Parque Metropolitano Guangüiltagua mediante imagen del satélite LANSAT 8 en una escala de tiempo.	20
Estimación del Carbono secuestrado y CO ₂ fijado con imágenes del satélite SENTINELA 2	25
Estimación del Carbono secuestrado y CO ₂ fijado utilizando ecuaciones alométricas	29
Comparación de datos obtenidos de carbono y CO ₂ fijado	32
Proyección del CO ₂ fijado en las zonas de arbolado del Parque Metropolitano Guangüiltagua	35
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN	36
Obtención de los valores de NDVI del Parque Metropolitano Guangüiltagua mediante una imagen del satélite LANSAT 8 en una escala de tiempo.	36
Estimación del Carbono secuestrado con imágenes del satélite SENTINELA 2	37
Estimación del Carbono secuestrado y CO ₂ fijado utilizando ecuaciones alométricas	38
Comparación de datos obtenidos de carbono y CO ₂ fijado	38
Proyección del CO ₂ fijado en las zonas de arbolado del Parque Metropolitano Guangüiltagua	39
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
Conclusiones	40
Recomendaciones	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de Niveles de NDVI con imágenes de dos satélites	24
Tabla 2. Tabla comparativa de los métodos utilizados	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Polígono del área de estudio, generado en el programa de Google Earth Engine	16
Figura 2. Resultados del NDVI desde 1982 hasta el 2015	20
Figura 3. Imagen generada en programa QGIS con trends.earth del valor de r^2	20
Figura 4. Resultados del NDVI desde el 2015 hasta el 2030	21
Figura 5. Imagen de NDVI generada por el programa QGIS satélite LANSAT 8	21
Figura 6. Imagen de NDVI generada por el programa SNAP satélite SENTINELA 2	22
Figura 7. Imagen de NDVI generada por el programa SNAP satélite SENTINELA 2	23
Figura 8. Imagen de Histograma de NDVI generada por el programa SNAP	23
Figura 9. Imagen de coordenadas de los cincuenta cuadrantes ubicados en la imagen satelital del SENTINELA 2 generada por el programa SNAP	24
Figura 10. Valores de banda cuatro de los cincuenta cuadrantes	25
Figura 11. Valores de banda 8 de los cincuenta cuadrantes	26
Figura 12. Valores de NDVI de los cincuenta cuadrantes	26
Figura 13. Valores de Carbono total de los cincuenta cuadrantes	27
Figura 14. Valores de CO ₂ fijado de los cincuenta cuadrantes	28
Figura 15. Imagen de Puntos tomados en campo con ecuación de CO ₂ generada en el programa SNAP	28
Figura 16. Histograma de los valores de CO ₂ por píxel generado en el programa SNAP	29
Figura 17. Diámetro a la altura del pecho de los árboles de los cincuenta cuadrantes	29
Figura 18. Altura total de los árboles de los cincuenta cuadrantes	30
Figura 19. Biomasa total de los cincuenta cuadrantes	31
Figura 20. Carbono total de los cincuenta cuadrantes	30
Figura 21. Carbono total de los cincuenta cuadrantes	32
Figura 22. Resultados de CO ₂ fijado en los cincuenta cuadrantes medidos	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mediciones de campo DAP y altura total	61
Anexo 2: Estimaciones de Biomasa, Carbono total y CO ₂ fijado	77
Anexo 3: Promedio de DAP y altura de cuadrantes	92
Anexo 4: Estimación de biomasa, Carbono total y CO ₂ fijado	94
Anexo 5: Estimaciones de bandas 4, 8, NDVI, Carbono total y CO ₂ fijado	96
Anexo 6: Scripts utilizados, para obtención de datos en los programas R, QGIS y SNAP	98

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

TEMA: CÁLCULO DEL CARBONO SECUESTRADO EN LA BIOMASA AÉREA EN EL PARQUE METROPOLITANO GUANGÜILTAGUA PARA APOYAR INICIATIVAS DE DISMINUCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA CIUDAD DE QUITO

AUTOR: Ximena Luz Crespo Nuñez

TUTOR: David A. Donoso, PhD

RESUMEN EJECUTIVO

Las áreas verdes de las ciudades prestan importantes servicios ecosistémicos como lo es la captura de carbono en sus diferentes estructuras. En el presente trabajo la autora investiga cuánto CO₂ se almacena en los eucaliptos del Parque Metropolitano Guanguiltagua (PMG) como aporte para futuros inventarios dirigidos a desarrollar iniciativas que permitan mitigar la huella de carbono de la ciudad de Quito. Para lograr este objetivo se desarrollaron tres fases que incluyeron el análisis de imágenes satelitales y de mediciones hechas en el campo a través de ecuaciones alométricas. En la primera fase del proyecto se calculó el Índice de Vegetación Diferencial Normalizado desde el año 1982 hasta el año 2030 usando una imagen del satélite Landsat 8 y el software QGIS, mediante regresiones lineales. Una segunda fase se desarrolló con la obtención de una imagen satelital del SENTINELA-2 con ayuda del software SNAP. Con estas imágenes se calculó el NDVI, en base a las bandas del infrarrojo cercano B8 y del rojo natural B4. Se estableció un modelo matemático, con la finalidad de establecer cuánto CO₂ representa visualmente cada píxel. La tercera fase de esta investigación fue el estudio de campo, dónde se recolectó información in situ en una desagregación de 50 cuadrantes, cada uno de ellos de 10 por 10 metros, es decir de 100 m². En cada cuadrante se midió el DAP y la altura total de los árboles existentes con lo que se obtiene la biomasa aérea mediante el uso de ecuaciones alométricas. A partir de este dato se estableció la cantidad de CO₂ fijado por cada cuadrante, que nos dio como resultado un promedio

de 1,5 toneladas. Utilizando regresiones lineales se pudo proyectar este cálculo para el total de la zona de arbolado del parque obteniendo como resultado 42.150 toneladas fijadas de CO₂. Al comparar los datos de los satélites con los de campo se encontró sobrestimación entre los dos resultados de los dos métodos utilizados. Estos resultados están de acuerdo, con los resultados obtenidos por otros autores en diferentes áreas del Ecuador y de países de América del Sur. Podemos concluir indicando que el PMG es uno de los mayores sumideros de carbono que posee la ciudad de Quito. Se recomienda continuar realizando estudios similares en el PMG para poder estimar la captura de carbono al año.

Palabras clave: Biomasa, Calentamiento Global, Ecuaciones alométricas, imágenes satelitales, *Eucalyptus globulus*.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

THEME: ESTIMATION OF SEQUESTERED CARBON IN THE AERIAL BIOMASS IN THE GUANGÜILTAGUA METROPOLITAN PARK TO AID INITIATIVES TO REDUCE THE CARBON FOOTPRINT OF QUITO.

AUTHOR: Ximena Luz Crespo Nuñez

TUTOR: David Donoso, PhD

ABSTRACT

The green areas of cities provide important ecosystem services such as carbon sequestration. This paper investigates how much CO₂ eucalyptus trees store in the Guanguiltagua Metropolitan Park (PMG) for future inventories aimed at initiatives to mitigate the carbon footprint of the city of Quito. Three phases were developed. In the first phase, the Normalized Differential Vegetation Index was calculated from 1982 to 2030 using an image from the Landsat 8 satellite and the QGIS software, using linear regressions. A second phase with a satellite image of SENTINELA-2 and SNAP software. With these images, the NDVI was calculated, based on the bands of near infrared B8 and natural red B4. A mathematical model was established, to establish how much CO₂ each pixel visually represents. The third phase was the field study, information was collected in 50 quadrants, each of them 10 by 10 meters. In each quadrant, the DAP and the total height of the trees were measured, thus obtaining the aerial biomass with allometric equations. From this data, the amount of CO₂ fixed for each quadrant was established, which resulted in an average of 1.5 tons. Using linear regressions, this calculation could be projected for the total wooded area of the park, obtaining as a result 42,150 fixed tons of CO₂. Comparing the satellite data with the field data found an overestimation between the results. These results are in agreement, with results obtained by other authors in areas of Ecuador and America. We can conclude by indicating that the PMG is one of the largest carbon sinks that the city of Quito has. Similar studies on the PMG are recommended to estimate carbon sequestration.

Keywords: Biomass, Global Warming, Allometric Equations, Satellite Images.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El Calentamiento Global

Es cada vez mayor la evidencia del aumento de temperatura que el planeta viene experimentando a nivel global; aumento que se manifiesta en los diferentes ecosistemas de la superficie de la Tierra y de los océanos (Delgado y Romero, 2007). Para el 2017 se registró en la superficie terrestre un incremento en la temperatura de 1°C, en relación con la temperatura registrada en la era preindustrial (Ogunbode y Böhm, 2020). El informe del IPCC señala que del 20 al 40% de los ecosistemas terrestres experimentan un incremento de temperatura de más de 1,5 °C en al menos una temporada del año (IPCC, 2020). Este incremento se presentó desde la mitad del siglo XX muy probablemente debido a las actividades de los seres humanos (IPCC, 2020). Este constante incremento de temperatura a nivel mundial va desencadenando graves afectaciones a las poblaciones (Montes, 2019).

Existen muchas consecuencias del calentamiento global que seguramente van a impactar a las actividades humanas. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2021) señala que, desde el siglo pasado, incrementaron las catástrofes relacionadas con el cambio climático, como inundaciones, huracanes, vendavales, y los temporales marítimos, en un 350 %, así como el deshielo de los polos y glaciares y, por lo tanto, el aumento del nivel de los océanos (PNUMA, 2021). Existe una proyección de aumento del nivel del mar de 40 a 63 cm hasta el 2100 (Dubois y Seminario, 2019). De igual manera, hay una disminución de los glaciares de un 87% en los últimos 60 años (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2018). Los océanos vienen presentando un incremento en la temperatura desde fines del siglo XIX, se estima en 0,4°C, (Trenberth, 2007). El informe del IPCC menciona que los océanos han absorbido entre 20 y 30% del CO₂ antropogénico emitido, al aumentar la absorción de CO₂, se ha producido en el océano una reducción del pH (acidificación marina) este fenómeno provoca una disminución de la disponibilidad de iones de carbono que los organismos marinos utilizan para elaborar sus esqueletos y caparazones. Adicional a lo antes mencionado, se evidencia pérdida de oxígeno

oceánico, fenómeno conocido como desoxigenación, que es el factor que regula los ciclos biogeoquímicos (Montes, 2019). Las temperaturas altas van acompañadas de sequías e incendios forestales, como se observó en la Amazonia y Australia en el año 2019 (Armenteras et al., 2020). Es indispensable que los países adopten medidas frente a este incremento constante de temperatura.

Frente a esta situación tan extrema, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático del que fueron partícipes más de 195 países de alrededor del planeta, firmó el Acuerdo de París en el 2015. El principal objetivo del Acuerdo de París expresado en el Artículo 2 fue “Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C, con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático” (Acuerdo de París, 2016). Esta propuesta fue respaldada por 112 de los 195 países. Este objetivo ya estaba presente en la COP 16 de Cancún, en el 2010, sin embargo, en el Acuerdo de París se hizo mayor énfasis en mantener la temperatura muy por debajo de los 2 °C; limitando el aumento a «1,5 °C». Para algunos países este objetivo sobrepasa su capacidad de adaptación lo que ha llevado a requerir que se hable de 1°C. (Fernández, 2016). Ecuador ratificó el Acuerdo de París en junio del 2017. Asumiendo el compromiso de establecer acciones de adaptación y mitigación al cambio climático, el país pretende disminuir el 20,9% de sus emisiones de gases de efecto invernadero (MAE, 2016). Sin embargo, hasta el momento es muy poco lo que el Ecuador ha logrado realizar para cumplir con los compromisos firmados en el Acuerdo de París (Sandoval, 2020).

El calentamiento global se expresa de forma distinta en diferentes partes del mundo. En el Ecuador se evidencia mediante la variación en la temporalidad de las precipitaciones; el retroceso de glaciares, se han perdido el 40% de los glaciares, como el Cotopaxi que en 30 años ha disminuido en 200 metros su capa de hielo; el incremento del nivel del mar ocasionando inundaciones; sequías y deslizamientos (Aguirre et al., 2010). También, en nuestro país se puede evidenciar el aumento en la intensidad de los fenómenos climáticos como El Niño que provoca sequías e inundaciones y en su fase La Niña (etapa fría), disminuyen las precipitaciones (Vega et al., 2020). Estudios indican que en el Ecuador habrá una disminución de las zonas húmedas mientras que las zonas secas

aumentarán en aproximadamente 14%, en provincias como Chimborazo, Bolívar, El Oro, Guayas, Manabí, y Loja. Por otro lado, se prevé disminuciones en las áreas de cultivo y suministro de agua, lo que implica grandes pérdidas económicas que pueden fácilmente superar los USD 2 mil millones de dólares (Aguirre et al., 2010).

El Distrito Metropolitano de Quito presenta efectos muy claros del cambio climático. Según la secretaría de Ambiente del Municipio, desde 1880 hasta el 2017, se presenta un incremento de 1° C en la temperatura como consecuencia de esto se registran fuertes temporadas invernales (Secretaria de Ambiente de Quito, 2019). Se han observado cambios en los patrones climáticos de Quito, así como incremento en la intensidad y frecuencia de fenómenos extremos, se han registrado un total de 1.576 eventos adversos entre el 2005 y 2018 (PACQ, 2020). Debido a que en Quito encontramos valles, elevaciones y planicies la circulación del viento es muy baja, lo que genera topoclimas debido al relieve. Exponiendo a las planicies a una mayor radiación solar manteniéndose calientes por más tiempo, esta topografía variada hace que haya mucha diferencia en la temperatura, presentando diferentes climas incluso en el mismo día (Vincenti et al., 2012). Entre 2001- 2010, las proyecciones del INEC indican que Quito presenta una tasa de crecimiento poblacional anual del 2,2% (INEC, 2020) implicando con esto el incremento de sus emisiones.

El impacto del Ecuador en el Calentamiento Global

Sin duda, las actividades de los seres humanos en el Ecuador también contribuyen al incremento de gases de efecto invernadero GEI en nuestra atmósfera. El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero emitido por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, en ese momento MAE (MAE, 2016), contempla el cálculo de emisiones antropogénicas de los gases de efecto invernadero (GEI). Las emisiones se estimaron en 80.504 toneladas equivalentes (te) de dióxido de carbono equivalente, de los sectores definidos por el IPCC: (1) En el sector de la energía, el país genera 35.812 te de CO₂, que representa un 44,49% de las emisiones, las emisiones de este sector se relacionan a la cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera, por unidad de electricidad producida, el transporte es uno de los sectores con más alto consumo de energía, especialmente de origen fósil, un vehículo de uso familiar emite 1,3 toneladas al recorrer 3.000 kilómetros (Posso, 2020). (2) Procesos Industriales, este sector emite 2.659 te de CO₂ que implica el 3,30%, del total

de emisiones y lo hace a través de las actividades de sus industrias, a pesar de no ser un país muy industrializado sus afectaciones provienen principalmente del sector cementero y de la producción de alimentos. (3) Agricultura: este sector emite 14.515 te de CO₂ que representa el 18,03% del total de emisiones y se basó en datos de población pecuaria y de superficie agrícola provenientes de las del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), a más de la emisión del CO₂ la agricultura emite metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) que representan 52,48% y 47,52%, respectivamente. (4) Usos del Suelo: Cambio de Usos del Suelo y Silvicultura (USCUSS) el sector genera 24.171 te de CO₂ que implica 30,02% (5) Residuos, este sector genera 3.345, te de CO₂ que representa el 4,16% (MAE, 2016). Ecuador despide 1,9 toneladas métricas (Tm) de dióxido de carbono (CO₂) por cada habitante. Este valor constituye el 0,1% del total de las emisiones mundiales (MAE, 2016). A pesar de ser un porcentaje aparentemente bajo, las emisiones que el Ecuador genera no pueden ser pasadas por alto, se deben implementar medidas de mitigación más profundas y a largo plazo.

El impacto de Quito en el Calentamiento Global

La Secretaría de Ambiente, indica que las emisiones de GEI de la ciudad de Quito se encuentran por encima del nivel las ciudades más grandes del país (Secretaría de Ambiente, 2019). Quito tiene una emisión al año de 5,1 millones de toneladas de GEI, emisiones que son generadas por actividades antropogénicas como (1) la industria que corresponde a las diferentes fábricas que se encuentran ubicadas en la ciudad, especialmente las metalúrgicas que emiten a la atmósfera monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles, óxido de azufre, óxidos nitrosos y pequeñas cantidades de clorhidratos y fluoruros, (2) el sector de residuos emite 661.689 toneladas de CO₂ que corresponde el 13%, (3) las actividades comerciales, domésticas e institucionales con una emisión de 1.016.305 ton CO₂ que constituye el 20% de las emisiones totales de la ciudad (4) transporte público y particular que emite 2,8 millones de toneladas de dióxido de carbono al año (Secretaría de Ambiente, 2019), Quito concentró el 20 % del parque automotor matriculado en el Ecuador (INEC, 2019), por su particular topografía presenta altos problemas de congestión vehicular, lo que repercute en la presencia de material particulado suspendido en el aire (Posso,2020). En sectores como San Blas y la Marín se puede identificar claramente la contaminación que es generada por los vehículos, en especial los de transporte público. Quito

posee un parque automotor de alrededor de 460. 000 vehículos, que aumentan anualmente en 44. 000 unidades (El Comercio, 2014). De acuerdo con la información disponible si en Quito, no se activan medidas de mitigación, se calcula un incremento de emisiones de GEI en un 52% para el periodo 2015-2050 (PACQ, 2020).

Carbono secuestrado en ecosistemas terrestres: principales reservorios

El Carbono se moviliza entre la materia orgánica y el ambiente de manera constante, a través del ciclo del carbono. Este movimiento ocurre en diferentes escalas de tiempo, su flujo e intercambio son extremadamente diversos, pudiendo ser muy lentos a escalas temporales de millones de años o muy breves de años o siglos (Martín, 2010). Su movimiento es a través de procesos químicos, físicos y biológicos (Burbano, 2018). Las mayores reservas de carbono son la atmósfera, los océanos, la presencia de combustibles fósiles y los ecosistemas terrestres, incluyendo vegetación y suelos. Se encuentra en la atmósfera como CO₂, para el 2020 la concentración promedio fue de 416,21 partes por millón (ppm) (IPCC,2020). La fluctuación anual es de aproximadamente de 3-9 ppm ocasionada muy probablemente por las actividades antropogénicas (Gutiérrez-Olgún, 2020).

Los océanos absorben aproximadamente el 30% de las emisiones globales de dióxido de carbono, la mayoría del carbono del océano se encuentra en aguas intermedias y profundas. Es muy baja la cantidad que se encuentra en la superficie del océano (de Souza et al., 2012). El 98,5% del carbono del sistema océano-atmósfera está en el mar, debido a la química del agua de mar. Casi todo el carbono existe como carbono inorgánico disuelto (CID) y la mayoría del CID se halla en forma de bicarbonato y iones de carbonato (Sandoval-Núñez y Alfaro, 2020).

Los combustibles fósiles que son obtenidos del petróleo y el gas natural son resultado de los residuos de materia orgánica formada hace millones de años por las plantas verdes (Morales-García, 2021). La cantidad de carbono almacenado en combustibles fósiles se estima entre los mayores reservorios, excepto a la profundidad del mar y constituye 10 veces el contenido de carbono de la atmósfera (Mondragón, 2021).

Los ecosistemas terrestres acumulan diferente cantidad de carbono dependiendo especialmente de sus condiciones climáticas (García et al., 2006). El carbono integra cerca de 0,27% de la masa de los elementos de la corteza terrestre, aun cuando representa aproximadamente el 50% de la materia seca (Ramos-Hernández y Martínez-Sánchez, 2020). Así tenemos que los suelos forestales representan una de las mayores fuentes de carbono de los ecosistemas terrestres, los bosques también son responsables de la captación de importantes cantidades de carbono, aportando con esto a reducir el carbono atmosférico (Amescua y Sandoval, 2004), estos cubren aproximadamente el 10% de la biosfera terrestre (Sabine et al., 2004).

Carbono secuestrado en árboles en ciudades y parques

La mayoría de la población mundial vive en las ciudades, y esta tendencia de urbanización sigue en aumento debido a la migración de las personas desde las zonas rurales (Pimienta et al., 2014). El crecimiento espacial urbano es generalizado y se caracteriza por tasas de expansión rápidas y crecientes (Bonilla-Bedoya, 2021). Dada la alta concentración de personas en las zonas urbanas, estas son reconocidas como grandes fuentes de emisiones de GEI, principalmente por el uso de combustibles fósiles (del Pilar et al., 2019). Si consideramos que el 67% de la población mundial vivirá en las ciudades para el 2050 (Aburto y Samaniego, 2020); resulta esencial buscar formas de mitigación de estas emisiones, como lo es la presencia de zonas verdes en las ciudades (Villa y Rodríguez, 1998).

La presencia de vegetación en las zonas urbanas proporciona múltiples beneficios a las poblaciones permitiendo un manejo sostenible de los sistemas socio -ecológicos. (Bonilla-Bedoya, 2020). Entre los beneficios podemos destacar: 1) La regulación de la escorrentía superficial, la vegetación en general aumenta la permeabilidad del terreno a través de sus raíces, lo que resulta en reducción de la corriente de agua generada por las tormentas sobre la superficie del suelo, la reducción de la erosión de este, y la sedimentación en los arroyos (de Paz y Raffaele, 2019).

2) El desarrollo de microclimas urbanos que se generan a través de la humedad relativa que produce la transpiración de los árboles, que al mismo tiempo absorbe calor al evaporarse, los árboles producen un efecto de enfriamiento disminuyendo la temperatura del aire, y reduciendo el

calentamiento de las superficies por radiación solar. Es así como la vegetación de baja altura, a pesar de no proyectar sombra, de igual manera interviene en la disminución de temperatura ambiente (Flores et al., 2018).

3) Mitigación de los efectos ocasionados por el fenómeno conocido como isla de calor urbano, estas islas se producen por la acumulación de energía en el concreto, acero y asfalto, donde la temperatura es de 3 a 10 grados más alta que el ambiente alrededor (Benavidez, 2017). 4) Los árboles remueven el carbono del CO₂ y lo almacenan en sus estructuras mediante la fotosíntesis, proceso conocido como secuestro de carbono (González y González, 2019). 5) Los bosques urbanos eliminan los contaminantes del aire a través de procesos de deposición seca y mejoran la calidad del aire (Bonilla-Bedoya, 2021), pueden capturar partículas del aire y actuar como obstáculos para la dispersión de la contaminación por partículas, eliminando una cantidad significativa de material particulado de la atmósfera (Cardona y Bermúdez, 2019).

Iniciativas para disminuir la Huella de carbono a través de los parques urbanos

La Huella de carbono es un indicador ambiental con el cual se refleja las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que son resultado de las actividades humanas ya sea a nivel de individuo, organización, o proceso (Valderrama et al., 2011). Es una forma indirecta de medir esta generación de gases de efecto invernadero, que se emiten a la atmósfera al fabricar un producto o realizar las actividades cotidianas (Espíndola y Valderrama, 2018). Se mide en toneladas equivalentes (te), para poder expresar la cantidad de emisiones de los diferentes GEI en una unidad común (Frohmann y Olmos, 2013). Se ha convertido en una herramienta eficaz, para rastrear las emisiones de carbono de todo el ciclo de vida de las diferentes actividades, proporciona bases científicas a través de métodos computacionales como el método analítico de procesos que realiza el análisis de entrada-salida (Wang et al., 2010).

El 20% de la población que vive en las grandes ciudades consume más del 60% del producto económico mundial y genera el 60% del total de los desechos (Monteros, 2015). A escala global, la huella de los seres humanos ha superado la capacidad de generación de recursos del planeta, en la actualidad la humanidad está consumiendo el 120% de lo que produce el planeta (Murillo, 2021).

Es importante analizar la huella que se genera como país. La huella de Ecuador se ha incrementado del 2000 al 2015 en 145,26%, especialmente en los sectores de transporte (Roman et al., 2021). La Huella de Carbono de Quito es la más alta del Ecuador, la huella de un quiteño y quiteña es 34% más alta que la del resto de ecuatorianos (Secretaría de Ambiente, 2019).

La ciudad de Quito cuenta con la visión: Ciudad Sostenible, desarrollada en el 2017 con la cual propone un conjunto de acciones y políticas para responder a los impactos causados por el calentamiento global, al igual que reducir las emisiones GEI o denominada Reducción de Huella de Carbono Local. Los sectores priorizados son movilidad, energía, residuos y bosques (Valencia, 2018). Los bosques prestan servicios ecosistémicos y ayudan a regular los efectos del cambio climático (Cuenca et al., 2017). Estudios indican que los árboles cumplen un papel muy importante en la moderación del impacto ambiental de los asentamientos urbanos (Pataki et al., 2011), las variaciones en la vegetación, el incremento en la cobertura vegetal y las actividades humanas pueden proporcionar servicios ecosistémicos para mitigar algunos de los impactos de urbanización (Bonilla-Bedoya, 2019).

Los espacios de bosque y los árboles son uno de los elementos que forman parte de la infraestructura verde de una ciudad (Bonilla-Bedoya, 2021), la reforestación es una manera de mitigar los impactos que genera la urbanización, las áreas verdes urbanas no solo cumplen con la función ornamental agregando un valor estético a la ciudad, sino que actúan como un regulador climático minimizando las agresiones ambientales (Flores et al., 2018). Al reducir el aumento de temperatura disminuye la necesidad de usar acondicionadores de aire hasta 30 por ciento, reduciendo así la cantidad de electricidad consumida (Benavidez, 2017).

El contraste térmico entre una calle sin espacios verdes y otra con arbolado varía entre 2°C a 4°C. La sombra que proyectan los árboles y arbustos en el pavimento urbano impide que este absorba las radiaciones que posteriormente proyectará en forma de calor, a la par el follaje absorbe las emisiones de onda corta que se convierten en rayos infrarrojos al tocar el suelo (Murillo, 2021). Sin árboles, las ciudades tendrían que aumentar el sistema de drenaje para las lluvias, para así

poder manejar el aumento de las corrientes de agua la cual puede ser superior hasta en un 10% que en las calles arboladas (Pataki et al., 2011).

Es necesario contar con información que permita conocer el potencial del arbolado urbano como sumideros de carbono, mismo que podría ser considerado como uno de los mecanismos de mitigación de la huella de carbono de las ciudades, se podría considerar necesaria esta información para la gestión y manejo de los recursos naturales y paisajísticos de área urbana. (Farinango, 2020). El arbolado en las ciudades debe estar debidamente constituido y administrado, tanto como un componente de infraestructura urbana, como por la serie de beneficios que brinda. Para lograr estos objetivos se debe contar con un inventario y diagnóstico forestal de la masa arbórea de la ciudad, para identificar las especies existentes y sus riesgos, el estado actual del árbol y entorno donde se encuentra. Este diagnóstico permite conocer la situación actual del arbolado y se minimizan los errores a futuro en el manejo de la arborización (Saavedra et al., 2019).

Teledetección

El uso de tecnologías de teledetección para la cuantificación de carbono en los bosques urbanos representa una importante alternativa, que ha sido utilizada en diversos estudios con diferentes escalas y ambientes (Cabello y Paruelo, 2008). La teledetección es la obtención de información de un objeto o fenómeno de manera remota. Para lo cual se utilizan diferentes instrumentos que pueden ser de grabación o de escaneo, lo realizan en tiempo real inalámbricos o a través de otro objeto en el cual se encuentran instalados como los satélites, aviones, astronave entre otros (Pérez y Muñoz, 2006). Existen teledetectores pasivos que captan la radiación natural reflejada por un objeto o área circundante específica siendo la luz solar el tipo de radiación más medido por esta clase de teledetección. Los teledetectores activos en cambio lo realizan a través de emitir energía y escanear los objetos y áreas al medir la radiación reflejada (Nieto y Cárdenas, 2018). Los satélites describen dos órbitas de la tierra, las heliosíncronas que suelen ser casi polares, con una inclinación de 90° en relación con el Ecuador, es perpendicular a la rotación de la Tierra por lo que permiten visualizar zonas distintas. Suelen realizar sobrevuelos en el Ecuador a la misma hora, registrando así imágenes con iluminación homogénea en las mismas épocas. Orbitan a una altitud de 600 y 900 km (Martínez et al., 2010).

Las órbitas geoestacionarias son ecuatoriales, con un periodo orbital parecido a la velocidad de rotación. Los satélites geoestacionarios registran imágenes de la misma área de superficie terrestre, por lo que se conjugan en constelaciones de satélites, y presentan una escasa resolución espacial, como consecuencia de encontrarse a una elevada altura, son capaces de ofrecer imágenes satelitales cada media hora, permitiendo un seguimiento temporal de fenómenos dinámicos (Martínez et al., 2010).

Las imágenes satelitales permiten obtener información en áreas peligrosas e inaccesibles, y monitorear fenómenos y problemas ambientales así también como la cobertura vegetal (Echeverría et al., 2019). Se usaron imágenes satelitales, a partir del lanzamiento de LANDSAT en 1972, este tipo de satélites entregan imágenes usadas para evaluar y monitorear el estado de la vegetación, en diferentes niveles (Nieto y Cárdenas, 2018). Las imágenes satelitales son multibandas. Una banda espectral es una parte del espectro electromagnético, está determinada por su longitud de onda, cada banda espectral da una imagen diferente de la superficie (Muñoz, 2013).

Las bandas se categorizan a través de la elaboración de índices que son un conjunto de operaciones algebraicas realizadas en función de los valores numéricos asignados a los píxeles, para lo cual utiliza dos o más bandas de la misma escena. Un Índice de Vegetación, se define como el cálculo de un parámetro partiendo de valores de reflectancia con diferentes longitudes de onda (Pérez y Muñoz, 2006), también se le asigna a un número producido por la combinación de bandas espectrales y que tiene relación con la vegetación que se encuentra presente en un píxel dado. Se utilizan estos índices, para establecer diferenciaciones entre el suelo y la vegetación, los valores bajos en los índices indican poca vegetación, y los valores altos vegetación muy vigorosa (Muñoz, 2013). El Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI), es el más utilizado por su facilidad de cálculo, dispone de un rango de variación fijo (entre -1 y $+1$), permitiendo comparar imágenes. De estos valores se establecen los niveles de praderas, cultivos, forestaciones entre otros (Martínez et al., 2010).

La teledetección permite analizar grandes volúmenes de datos utilizando la correlación entre bandas espectrales (Augusto et al., 2017), y representan una opción de bajo costo para llevar a

cabo estudios de la biomasa forestal (Perea et al., 2021), que es la proporción de materia viva presente en los bosques. Cuantificar la biomasa en los árboles es muy importante ya que está relacionada directamente con la captura de carbono.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Aportar a la sociedad con un cálculo de la cantidad de carbono que captura el Parque Metropolitano Guanguiltagua, para futuros inventarios que apoyen iniciativas de disminución de la huella de carbono en la ciudad de Quito.

Objetivo Específico:

1. Obtener los valores de NDVI del Parque Metropolitano Guanguiltagua mediante una imagen del satélite LANSAT 8 en una escala de tiempo.
2. Estimar la cantidad de carbono secuestrado y CO₂ fijado por el Parque Metropolitano Guanguiltagua utilizando una imagen del satélite SENTINELA 2.
3. Estimar la cantidad de carbono secuestrado y CO₂ fijado por el Parque Metropolitano Guanguiltagua utilizando ecuaciones alométricas.
4. Comparación de datos obtenidos de carbono y CO₂ fijado de los dos métodos utilizados
5. Proyección del CO₂ fijado en las zonas de arbolado del Parque Metropolitano Guanguiltagua

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Parque Metropolitano Guangüiltagua (Figura 1) está ubicado en el norte de la ciudad de Quito, en la calle Guangüiltagua, del barrio Batán Alto. Limita con las avenidas Eloy Alfaro, De los Granados y Simón Bolívar, y tiene una extensión de 557 hectáreas y una altura que oscila entre los 2.700 y 3.000 m. La composición florística del parque corresponde a páramos y sistemas de menor altura (Mariño, 2015). El parque presenta climas de Bosque Seco Montano y Bosque Húmedo Montano (Aucanshala, 2014).

El Parque Metropolitano Guangüiltagua constituye la mayor reserva de bosque manejado como parque urbano en el país, dado que se encuentra sembrado casi en su totalidad con árboles de eucalipto. También presenta un alto endemismo en flora y fauna, con muchas especies nativas (como el tilo, tocte, arrayán y quishuar) presentes en las seis quebradas del interior del parque (Mariño, 2015). Se han hallado más de 10 especies de colibríes y otras 60 especies de aves. El parque cuenta con mamíferos como los conejos y chucuris. (Aucanshala, 2014).

El Parque Metropolitano Guangüiltagua es uno de los principales proveedores de oxígeno y responsable de la captura de carbono de la ciudad de Quito (Mancheno, 2018). Se encuentra ubicado en el Norte geográfico de Quito, cerca de la avenida Eloy Alfaro, vía de alto tránsito vehicular que genera altas concentraciones de CO₂ (Aucanshala, 2014). Del total de su extensión, 502,19 ha son áreas con vegetación lo que constituye el 90,11% de la superficie total. Los pastizales en el parque representan el 14,02 % de la extensión con 78,14 ha, estas zonas son utilizadas por los visitantes como zonas de recreación, se encuentran en el centro del parque y en los alrededores de miradores (Salazar, 2013).

El arbolado representa un 50,44 % del área con una superficie de 281,21 ha. Se encuentra constituido principalmente de eucaliptos con matorrales y arbustos que se presentan como sotobosque, estos arbustos y matorrales representan un 25,11 % del área con una superficie de 142,93 ha, constituyen el remanente de vegetación nativa, zonas de pastos plantados y vegetación herbácea en estado de recuperación (Salazar, 2013). Posee árboles de especies nativas en

plantaciones manejadas a través de campañas de reforestación (Travez y Yanez, 2019), son arbustos de altura media entre 2 a 2,5 m de altura, dentro de este grupo se encuentran especies nativas como la *Salvia quitensis* y *Clinopodium tomentosum*, que son endémicas de la provincia de Pichincha (Mancheno, 2018). Los senderos comprenden una extensión de 28,25 m. distribuidos en todo el parque. Existen senderos pequeños (menores a 1 metro) al interior de las zonas de vegetación densa, y de entre 3 a 6 m. Encontramos además cuerpos de agua en quebradas, estanques, pozas y un reservorio de agua. Están presentes diferentes edificaciones destinadas a servicios públicos, sitios de residencia y edificios administrativos. Se encuentran zonas deportivas y estacionamientos que se ubican en la vía principal. Con el detalle descrito las áreas sin vegetación corresponden al 9,81 % del área total, con 3,37 ha (Salazar, 2013).

El Parque Metropolitano Guanguiltagua está constituido en su gran mayoría por *Eucalyptus globulus*, que son árboles de rápido crecimiento. Pueden alcanzar 20 metros, en 8 años y llegar hasta 70 metros en su periodo adulto, considerado una de las especies más altas del mundo (Miehle et al., 2009). Su tronco es erguido, posee una cubierta gris ceniza y madera blanca muy resistente. Las hojas de un color gris verdoso cuando el árbol es joven son redondas, cuando el árbol es adulto son de forma ovalada (Mirra et al., 2017). Es originario de Australia y de Tasmania. Fue introducido en áreas de América del Sur entre los años 1800 y 1850, convirtiéndose en una de las diez especies más plantadas en el mundo, ya que supera los 2,3 millones de hectáreas (Miehle et al., 2009).

Esta especie a pesar de ser tan usada en reforestación, tiene muchos efectos negativos sobre el ambiente ya que sus raíces absorben mucha humedad y tienden a reseca la tierra imposibilitando el desarrollo de otras especies. El eucalipto es una de las especies que más CO₂ captura, según estudios realizados captura 29,9 toneladas por hectárea al año (Seppänen, 2002). Las áreas verdes de la ciudad como el parque metropolitano se ven amenazadas en cada estación seca, por la constante recurrencia de incendios forestales ocasionando la pérdida de áreas protegidas y de su biodiversidad (Estacio y Narváez, 2013). Las autoridades municipales y organizaciones privadas han requerido propiciar campañas de reforestación constante para lograr regenerar las zonas afectadas por el fuego.

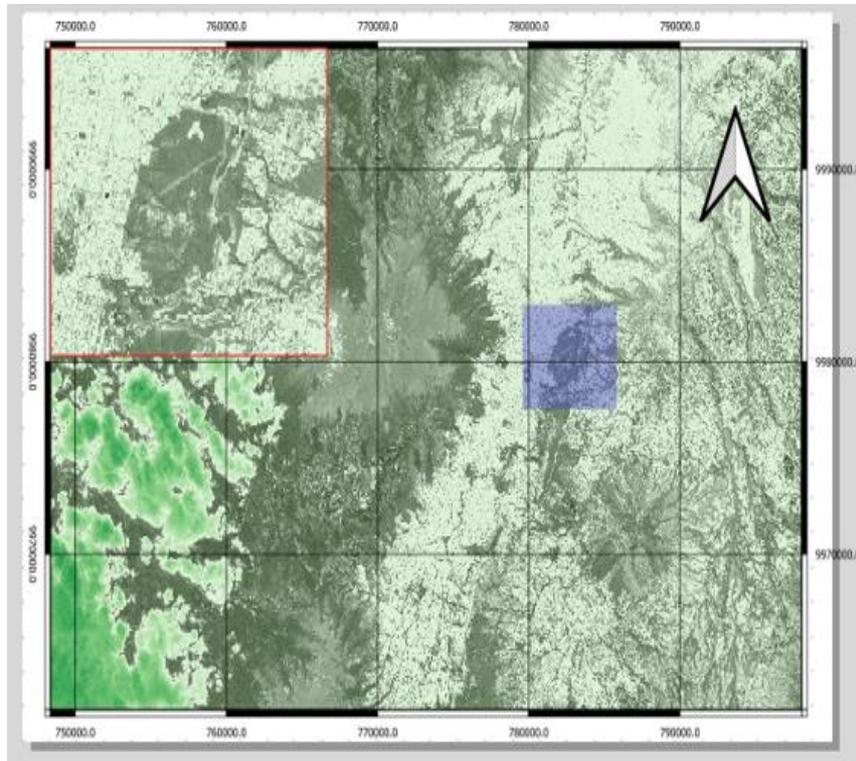


Figura 1. Polígono del área de estudio, generado en Google Earth Engine

Métodos

Obtención de los valores de NDVI del Parque Metropolitano Guangüiltagua mediante imagen del satélite LANSAT 8 en una escala de tiempo.

Mediante el uso de la plataforma Google Earth Engine, se obtuvo una imagen satelital, del satélite LANSAT 8, del área que corresponde al Parque Metropolitano Guangüiltagua delimitándolo mediante el trazado de un polígono. Con esta imagen, y con la ayuda del software QGIS (Baquero, 2019), y la instalación de la herramienta de cambio de cobertura de bosque y carbono, obtenida desde el complemento trends.earth, se obtuvo el historial del NDVI, desde el año de 1982 hasta el año 2015 ya que estos son los datos con los que cuenta el satélite. Con los datos obtenidos de NDVI hasta el 2015, se desarrolló una regresión lineal en el software R (González, 2020), donde se obtuvo una ecuación con la que se puede proyectar el NDVI hasta el 2030 (ver algoritmo Anexo 6).

Para la formulación del modelo matemático se hizo un análisis estadístico que consiste en pruebas de regresión lineal, con el objetivo de definir la mejor relación (r^2) (Mendoza, 2018). R^2 es el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson, para la regresión lineal simple. Si existen varios resultados para una única variable, es decir, para una X existe una Y, Z. El coeficiente de determinación resulta del cuadrado del coeficiente de determinación múltiple. En ambos casos el R^2 adquiere valores entre 0 y 1. Existen casos dentro de la definición computacional de R^2 donde este valor puede tomar valores negativos (Valverde et al., 2019).

Estimación del Carbono secuestrado y CO_2 fijado con imagen del satélite SENTINELA 2

El procedimiento básico para la estimación de carbono en el Parque Metropolitano Guangüiltagua con imágenes satelitales incluye: 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 NDVI a través de la ecuación 2, y finalmente 4) el cálculo de Carbono y CO_2 .

Se obtuvo una imagen del área de estudio desde la plataforma Copernicus y el satélite SENTINELA 2, el mismo que contiene las 13 bandas espectrales. Debido a que las bandas de SENTINELA 2 tienen diferentes tamaños de píxeles, que pueden ser de 10, 20 y 30m², se procedió a estandarizar el tamaño de todos los píxeles en todas las bandas al mínimo posible de 10m². Cabe señalar que no fue necesario estandarizar el tamaño del píxel en la banda 2 debido a que esta banda ya cuenta con píxeles de 10m². Para estandarizar el tamaño de los píxeles en las diferentes bandas se usó el programa Raster, (funciones Geometric y Resampling) (Aparisi, 2019).

Una vez estandarizado el tamaño de los píxeles, las imágenes fueron llevadas al software SNAP (Quillupangui, 2019), con lo que procedimos a realizar las diferentes 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 abundancia de vegetación existente, una vez analizada la vegetación con las diferentes bandas, procedemos a calcular el NDVI para toda la zona de

arbolado del parque. Para esto utilicé las aplicaciones incorporadas en el SNAP Raster y Band maths, y la fórmula de NDVI (Perea et al., 2021).

$$\text{NDVI} = (\text{B8} - \text{B4}) / (\text{B8} + \text{B4}) \quad (\text{eq. 1})$$

La aplicación de la fórmula nos dio el valor del NDVI para cada píxel, y para el área que conforma el parque. Utilizando una regresión lineal múltiple, se obtuvo la ecuación lineal, de la cual se determinó que las Bandas espectrales 4, 8, y el NDVI resultan ser los que explican de mejor manera el comportamiento de carbono y su concentración (Augusto et al., 2017).

Para obtener el carbono capturado por el parque se utilizó la fórmula resultante de la relación de las bandas 8, 4 y el NDVI, con estas variables se realizó una regresión multilineal, con lo que se obtuvo el Intercepto, la constante, y cada uno de los coeficientes por los que se multiplicó cada una de las bandas, obteniéndose una ecuación multi lineal (Mendoza, 2018).

De la forma $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p$

Donde

Y es la variable independiente

X1, X2, ,Xn es la variable dependiente

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_p$ son coeficientes que influyen en la variable dependiente

Estimación del Carbono secuestrado y CO₂ fijado utilizando ecuaciones alométricas

El método más accesible para calcular la biomasa de un árbol es el uso de ecuaciones alométricas. La alometría consiste en el estudio de las relaciones que existen entre las diferentes dimensiones de los individuos en una población. (Sola et al., 2012), dimensiones como el diámetro, altura, densidad de madera (Parsa et al., 2019). 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).

La Regresión lineal simple es el procedimiento estadístico que realiza el análisis de la relación entre variables, a través de establecer una relación funcional entre ellas (Valverde, 2017). 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 estudia la relación que se presenta entre varias variables independientes una variable dependiente (Burgos y Pérez, 2004). 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 557 hectáreas, se establecieron cincuenta cuadrantes de 10 x10 (cien metros cuadrados cada uno), con lo que se obtuvo una muestra del 0,09% del total del área. Los cuadrantes fueron escogidos de forma aleatoria para asegurarnos que todas las diferentes posiciones fisiográficas sean representadas en nuestro muestreo. En cada cuadrante se realizaron mediciones de todos los especímenes de *Eucalyptus globulus*. Se tomó la coordenada en el centro de cada cuadrante y se asignó con un código de C1-C50.

Para esta investigación se utilizaron ecuaciones alométricas (Valverde, 2017), que se basaron en la relación de dos parámetros con los que se calculó la biomasa aérea de los árboles. Uno de estos parámetros fue el (DAP) diámetro a la altura del pecho que se estableció a 130 cm desde el suelo, el otro parámetro utilizado fue la altura total del árbol (Pacheco, 2020).

Para medir el DAP se utilizó una cinta métrica con la que se obtuvo la longitud 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.

$$DAP = CAP / \pi \quad (\text{eq. 2})$$

La altura del árbol se midió a una distancia perpendicular al árbol, desde un extremo utilizando un hipsómetro procedimos a medir la altura hasta el punto de la copa más alta del árbol (Cancino, 2012).

Con los datos obtenidos de diámetro y altura de cuadrantes de *Eucalyptus globulus*, en base a lo propuesto por Valverde (2017), se seleccionaron ecuaciones que tuvieran el valor menor de error de cuadrado medio, siendo la ecuación que mejor estima la Biomasa de esta especie:

$$\text{Biomasa aérea} = 39,8643 - 3,51885dap + 0,02138dap^2h \quad (\text{eq. 3})$$

Donde:

dap es el diámetro a la altura del pecho

h es la altura total del árbol

$$Br = Ba * 0.5 \quad (\text{eq.4})$$

Obtenida la biomasa total en kg, a través de la suma de la biomasa aérea y radicular se dedujo el carbono (C) y CO₂ fijado (McPherson et al., 2008), la biomasa observada 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 (Pacheco, 2020).

$$Bt = Ba + (Ba * 0,50) \quad (\text{eq. 5})$$

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 50% para todas las especies, 0,50 y 0,24 son resultado de regresiones lineales (Fonseca,2017).

$$CA = Bt * 0,5 \quad (\text{eq. 6})$$

$$CR = CA * 0,24 \quad (\text{eq. 7})$$

$$CT = CA + CR \quad (\text{eq. 8})$$

El cálculo de la fijación de CO₂ se estimó multiplicando el valor obtenido del carbono total y el coeficiente 3,67, que es el resultado de la relación del peso de la molécula de CO₂ (44) entre el peso del átomo de C (12) (de Oca et al., 2020).

$$CO_2 = \frac{CT * 3,6663}{1000} \quad (\text{eq. 9})$$

Comparación de datos obtenidos de carbono y CO₂ fijado entre el uso de una imagen de SENTINELA 2 y datos obtenidos en campo

Se compararon los datos obtenidos mediante el uso del software SNAP y una imagen del satélite SENTINELA 2 de carbono y CO₂ fijado con los datos obtenidos en mediciones de campo de los cincuenta cuadrantes. Mediante la elaboración de gráficos y una tabla de datos.

Proyección del CO₂ fijado en las zonas de arbolado del Parque Metropolitano Guangüiltagua

En base a los datos obtenidos en campo de la cantidad de CO₂ fijado por cada cuadrante, que equivalen a 5.000 m² se proyectó mediante regresión lineal para las 281,21 hectáreas de arbolado del Parque Metropolitano Guangüiltagua.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Obtención de los valores de NDVI del Parque Metropolitano Guanguiltagua mediante imagen del satélite LANSAT 8 en una escala de tiempo.

Mediante una imagen satelital de LANSAT 8 transportada a QGIS y el uso de la herramienta trends. earth se obtuvo el historial del NDVI desde 1982 hasta el 2015.

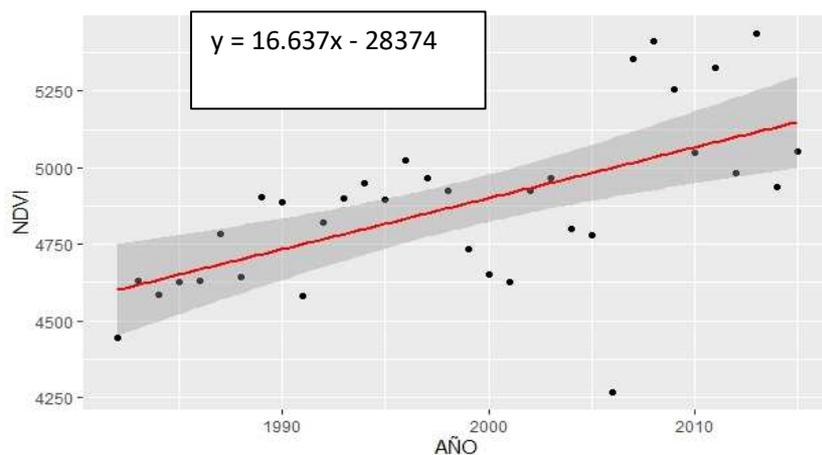


Figura 2. Resultados del NDVI desde 1982 hasta el 2015.

El r^2 obtenido fue de 0,54

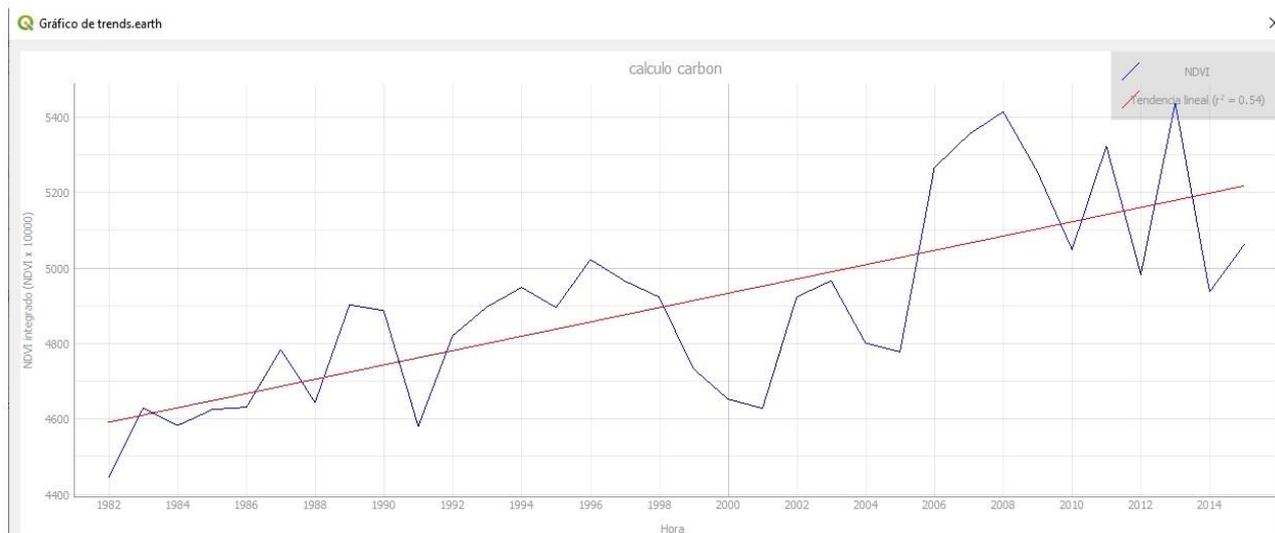


Figura 3. Imagen generada en programa QGIS con herramienta trends.earth del valor de r^2

A través de regresión lineal se obtuvo una proyección del NDVI desde el 2015 hasta el 2030. Mediante la ecuación:

$$y = 16,637x - 28374 \quad (\text{eq.10})$$

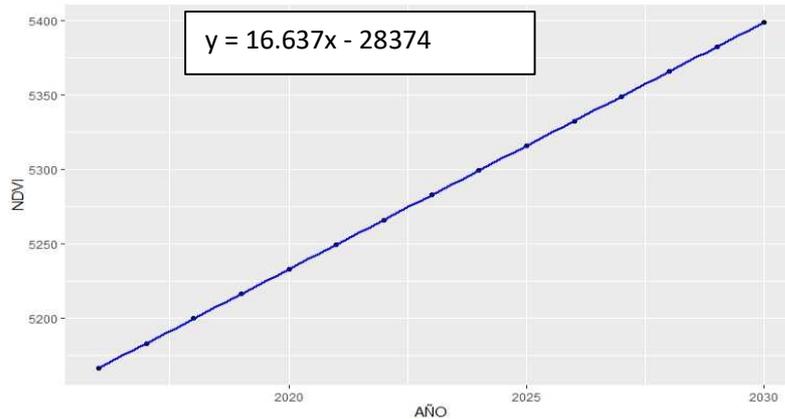


Figura 4. Resultados del NDVI desde el 2015 hasta el 2030.

Como se observa en la figura 3, el NDVI mantiene una tendencia de incremento constante, inicia en el 2015 con un valor de 5050 nm y se proyecta hasta el 2030 a 5400 nm.

Se obtuvo el NDVI del Parque Metropolitano Guanguiltagua, con el uso del software QGIS y una imagen de LANSAT 8, mediante la combinación de la banda 4 y banda 5.

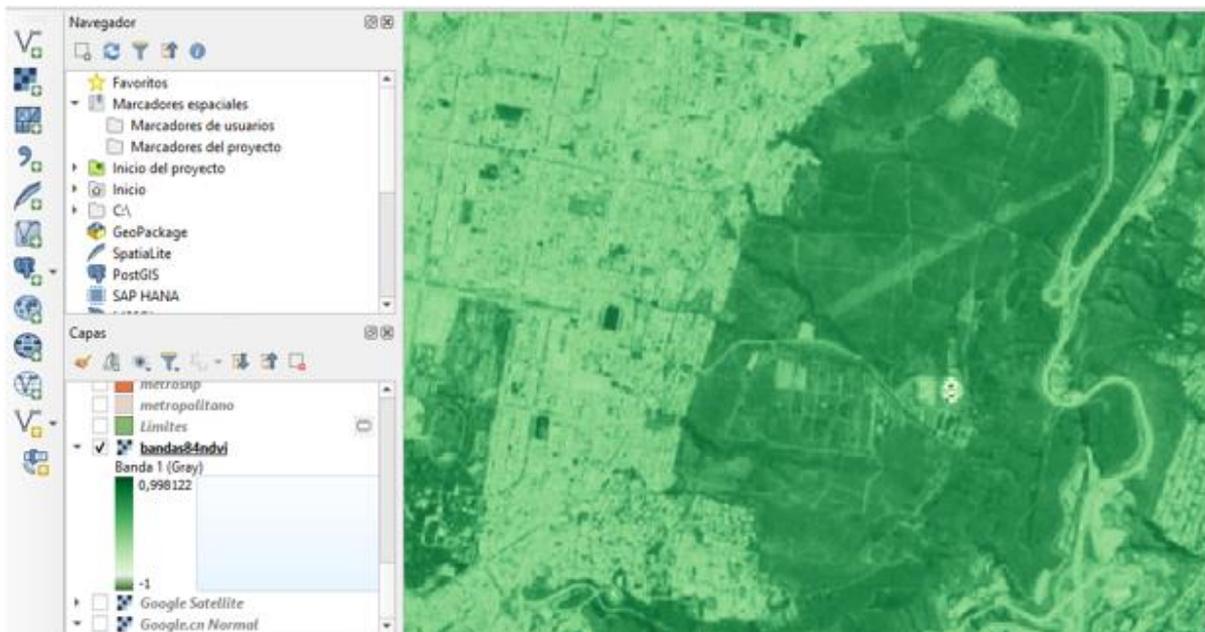


Figura 5. Imagen de valores de NDVI generada por el programa QGIS satélite LANSAT 8

Al aplicar la fórmula del NDVI $(B8 - B4) / (B8 + B4)$, en SNAP con la imagen del satélite SENTINELA 2, notamos que el área de la imagen cambia de coloración a blanco, esto denota el índice de vegetación existente, de acuerdo con el valor calculado, como se muestra en la Figura 6. Las zonas brillantes con colores claros son donde existe vegetación, las zonas negras denotan ausencia o escasa vegetación.



Figura 6. Imagen de NDVI generada por el programa SNAP Satélite SENTINELA 2

Al incorporarle una capa de color verde, se puede notar muy fácilmente, las zonas que tienen más alto el NDVI, como se visualiza en la Figura 7. Las tonalidades de verde para los niveles de NDVI, varían su intensidad en función de la presencia de vegetación.

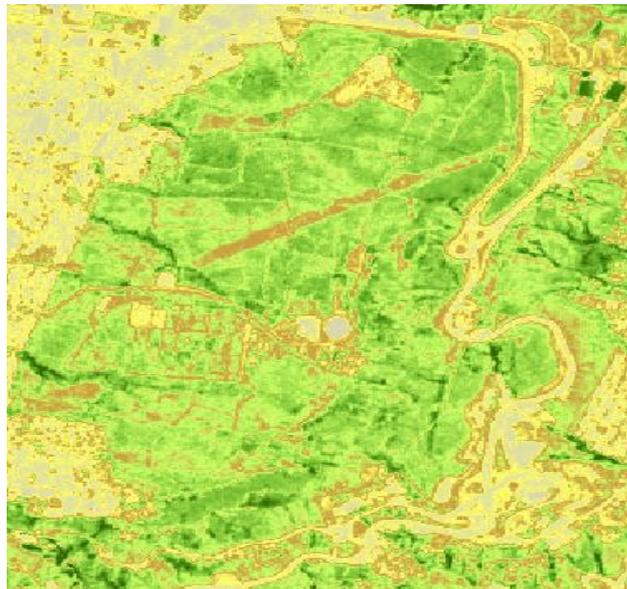


Figura 7. Imagen de NDVI generada en el programa SNAP del satélite SENTINELA 2

A continuación, se muestra en la Figura 8 el Histograma, con los valores de NDVI entre -1 y 1, observándose que la mayor cantidad de vegetación está entre los valores de 0,3 y 1.

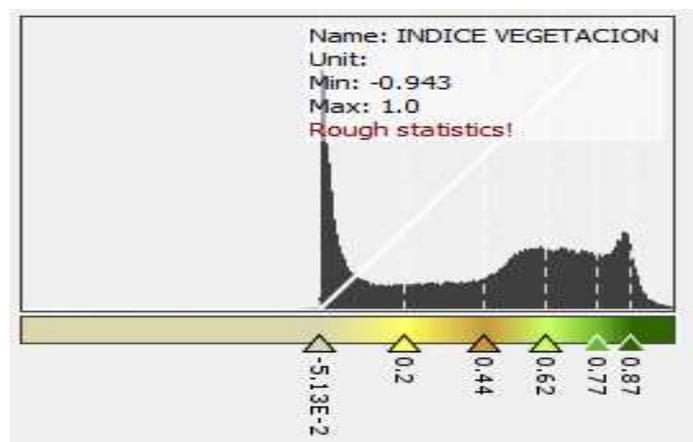


Figura 8. Imagen de Histograma de NDVI generada en el programa SNAP del satélite SENTINELA 2

Si se hace una comparación entre el bosque y la ciudad, en base a los colores, se puede observar que el NDVI, del bosque está entre 0,3 y 1, y el de la ciudad, está entre -1 y 0,3.

Al obtener los niveles de NDVI con los dos satélites LANSAT 8 y SENTINELA 2 se observa los datos expuestos en la Tabla 2.

TABLA 1. TABLA NIVELES DE NDVI			
SATÉLITE LANSAT 8 PROGRAMA QGIS		SATÉLITE SENTINELA 2 PROGRAMA SNAP	
NIVEL MÁXIMO	NIVEL MÍNIMO	NIVEL MÁXIMO	NIVEL MÍNIMO
0.99 μm	-1 μm	0.87 nm	0.2 nm

Se fijaron las coordenadas de los cuadrantes en la imagen satelital de SENTINELA 2 ver figura 9, mediante el software SNAP, con lo que se pudo obtener los valores de NDVI, banda 4 y banda 8.

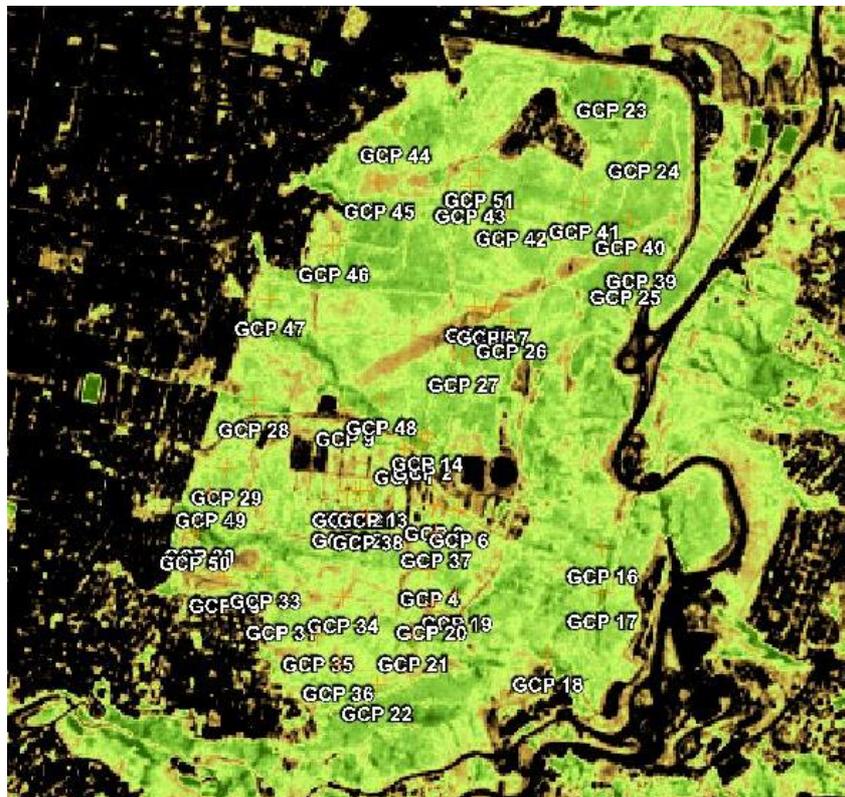


Figura 9. Imagen de Coordenadas de los cincuenta cuadrantes ubicados en la imagen satelital del SENTINELA 2 generada en el programa SNAP

Estimación del Carbono secuestrado y CO₂ fijado con imágenes del satélite SENTINELA 2

Con la ayuda de la imagen del SENTINELA 2, y el software SNAP se obtuvo los valores de la banda 4, banda 8, y a través de la ecuación $(B8 - B4) / (B8 + B4)$ para cálculo de NDVI los valores de este para los cincuenta cuadrantes.

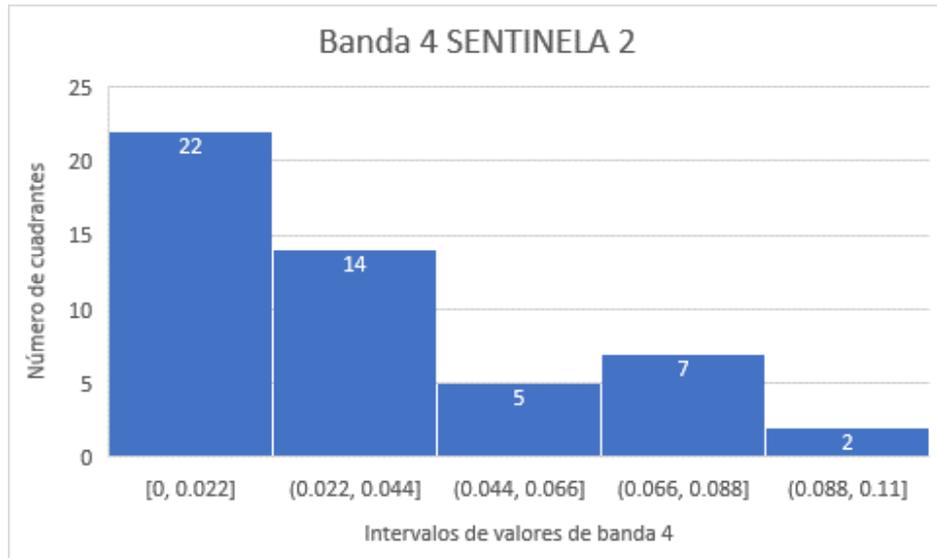


Figura 10. Valores de banda cuatro de los cincuenta cuadrantes

De los datos obtenidos de la banda 4 a través de la imagen del SENTINELA 2, se observa que existe un sesgo de los datos hacia la izquierda, donde el valor mínimo es 0,022 nm y el más alto de 0,11 nm; la mayoría de los cuadrantes se encuentran en los rangos de 0,022 a 0,44 nm.

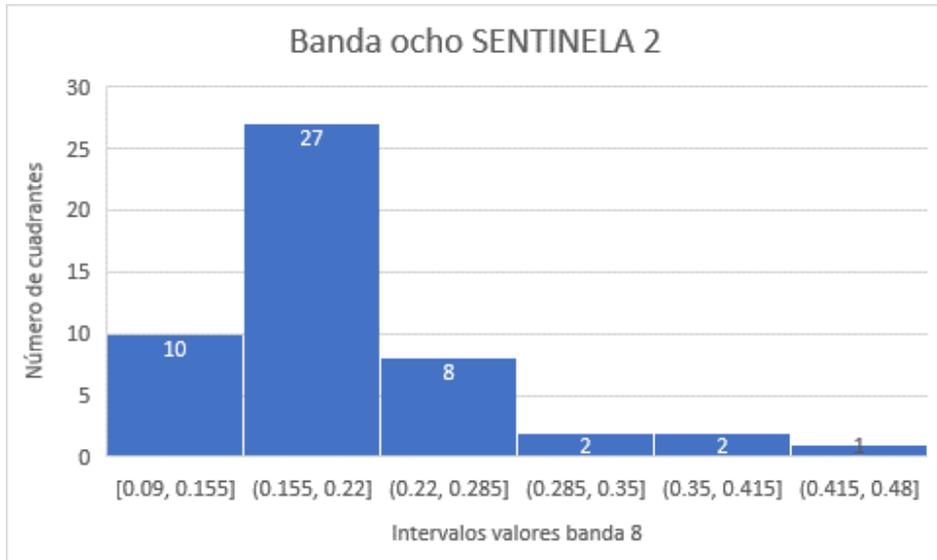


Figura 11. Valores de banda 8 de los cincuenta cuadrantes

De los datos obtenidos de la banda 8 a través de la imagen del SENTINELA 2, se observa que existe un sesgo de los datos hacia la izquierda, donde el valor mínimo es 0,09 nm y el más alto de 0,48 nm; la mayoría de los cuadrantes se encuentran en los rangos de 0,15 a 0,22 nm.

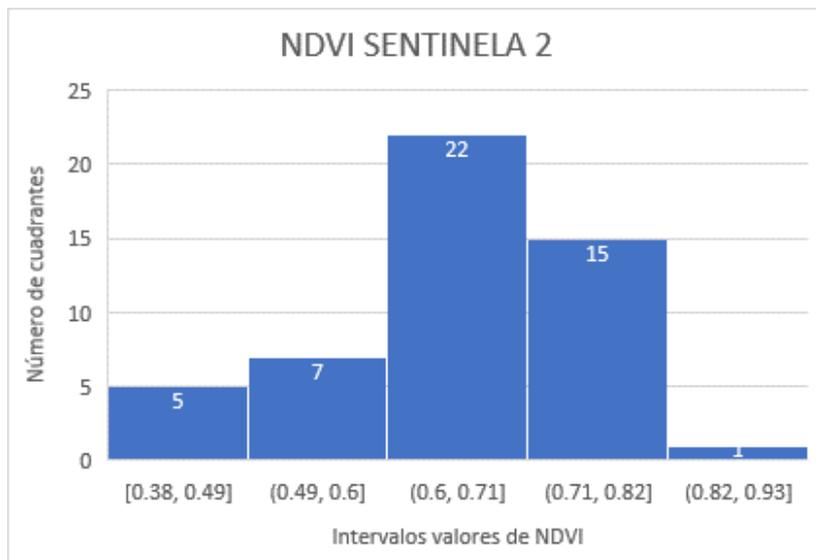


Figura 12. Valores de NDVI de los cincuenta cuadrantes

De los datos obtenidos del NDVI a través de la imagen del SENTINELA 2, se observa que existe un sesgo de los datos hacia la derecha, donde el valor mínimo es 0,38 nm y el más alto de 0,93 nm; la mayoría de los cuadrantes se encuentran en los rangos de 0,60 a 0,71 nm.

Se obtuvieron los valores de carbono total reflejado para los cincuenta cuadrantes a través de la aplicación de la ecuación obtenida de una regresión multilínea.

$$CT \text{ kg} = - 82,88 + 3271,41 * B4 - 506,37 * B8 + 658,51 * NDVI \quad (\text{eq. 11})$$

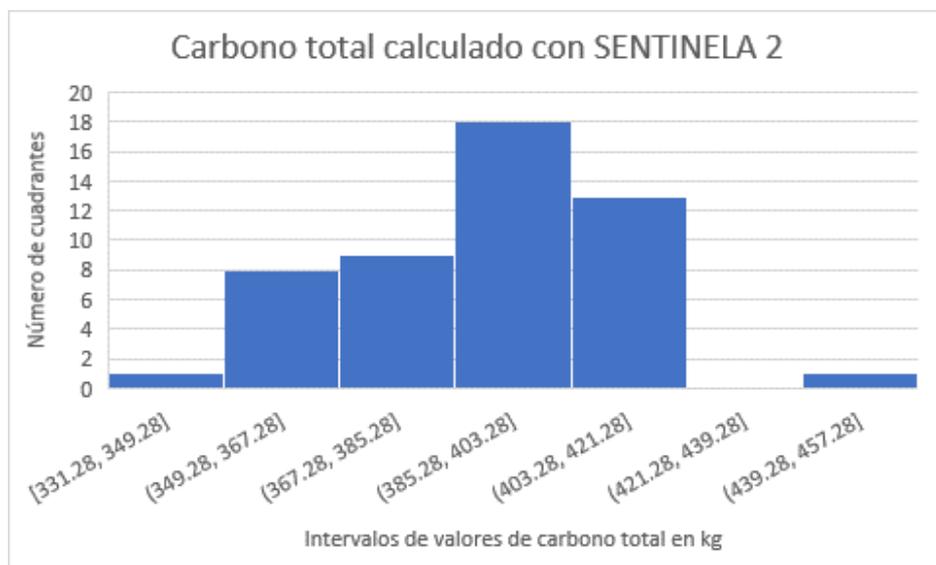


Figura 13. Valores de Carbono total de los cincuenta cuadrantes

De los datos obtenidos del Carbono total reflejado a través de imágenes satelitales se observa que existe un sesgo de los datos hacia la derecha, donde el valor mínimo es 331,28 kg y el más alto de 457,28 kg; la mayoría de los cuadrantes se encuentran en los rangos de 385,28 kg a 403,28 kg.

Se obtuvo los valores de CO₂ reflejado por píxel para los cincuenta cuadrantes a través de la aplicación de la ecuación:

$$CO_2 \text{ ton} = - 0,3039 + 13,6438 * B4 - 1,8565 * B8 + 2,4143 * NDVI \quad (\text{eq. 12})$$

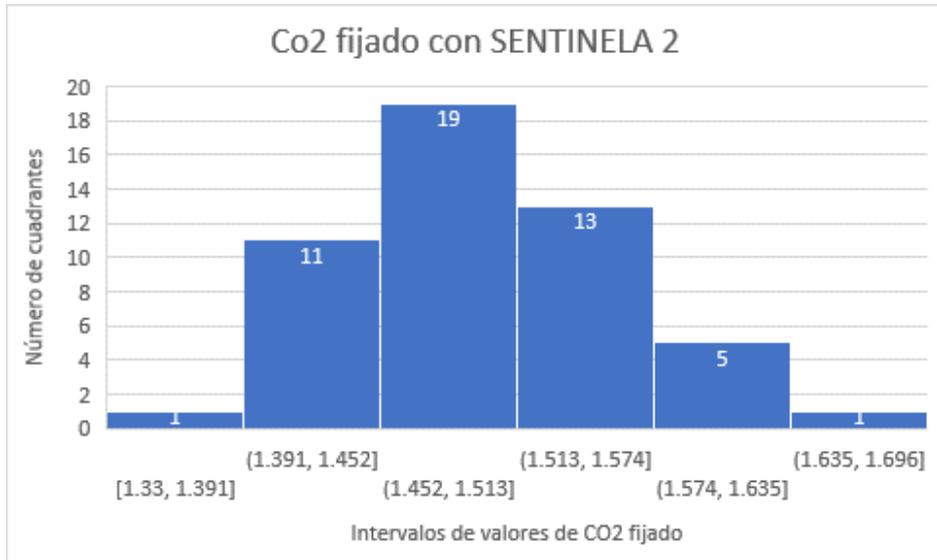


Figura 14. Valores de CO₂ fijado de los cincuenta cuadrantes

De los datos obtenidos del CO₂ fijado a través de la representación visual de las concentraciones de CO₂ de una imagen del satélite SENTINELA 2 se observa que existe un sesgo de los datos hacia la izquierda, donde el valor mínimo es 1,33 t y el más alto de 1,69 t; la mayoría de los cuadrantes se encuentran en los rangos de 1,45 a 1,57 t.

Se ingresó la ecuación, desarrollada para el CO₂ reflejado en el programa SNAP, con lo que se puede constatar, que los valores de CO₂, guardan relación con los obtenidos en campo.

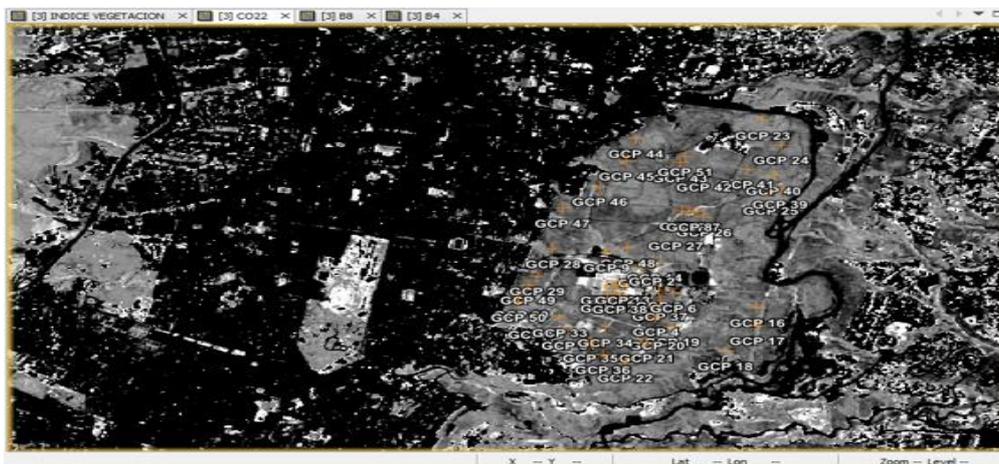


Figura 15. Imagen de puntos obtenidos en campo con ecuación de CO₂ generada en el programa SNAP

El CO₂ reflejado fluctuó entre los valores de 1,76 toneladas el valor máximo y 1,25 toneladas el valor mínimo, con un promedio de 1,5 toneladas reflejadas por píxel, para los sitios en los cuales se encuentra un valor de NDVI superior a 0,3.

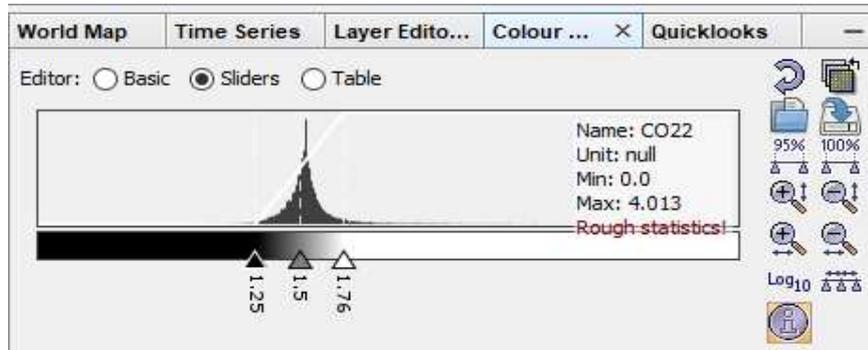


Figura 16. Imagen de histograma de los valores de CO₂ por píxel generada en el programa SNAP

Estimación del Carbono secuestrado y CO₂ fijado utilizando ecuaciones alométricas

En los muestreos realizados en el Parque Metropolitano Guanguiltagua se tomó las mediciones del DAP (diámetro a la altura del pecho) y la altura total, de 575 individuos de la especie *Eucalyptus globulus*, distribuidos en cincuenta cuadrantes de 10mx10m. Se tomó una coordenada en el centro de cada cuadrante. (ver Anexo 1)

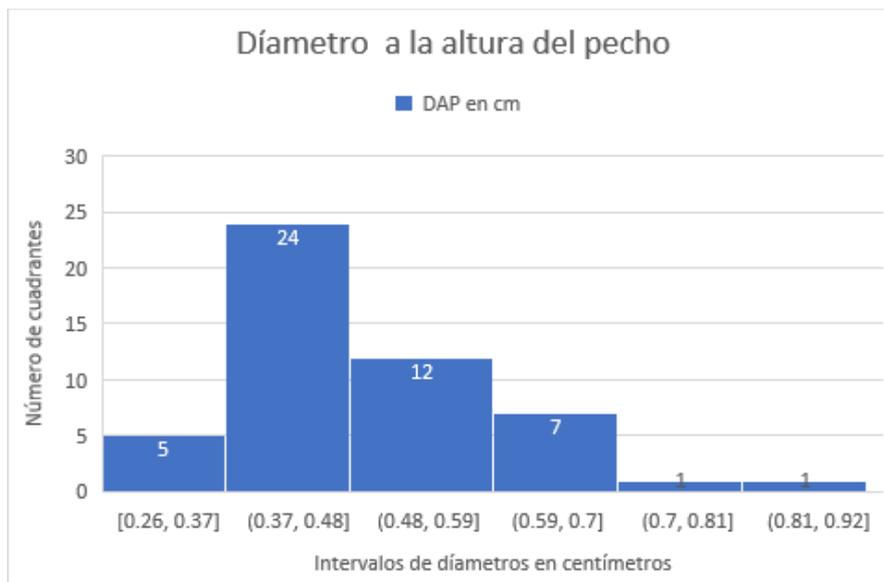


Figura 17. Diámetro a la altura del pecho de los árboles de los cincuenta cuadrantes

El promedio del DAP de los individuos analizados de los cincuenta cuadrantes fue de 49 cm, sus valores se encuentran comprendidos entre 26 cm como valor más bajo y 92 cm como el más alto; los datos de los cincuenta cuadrantes tienen un sesgo hacia la izquierda, presentando la mayor cantidad de cuadrantes un DAP entre los 37 cm y 48 cm.

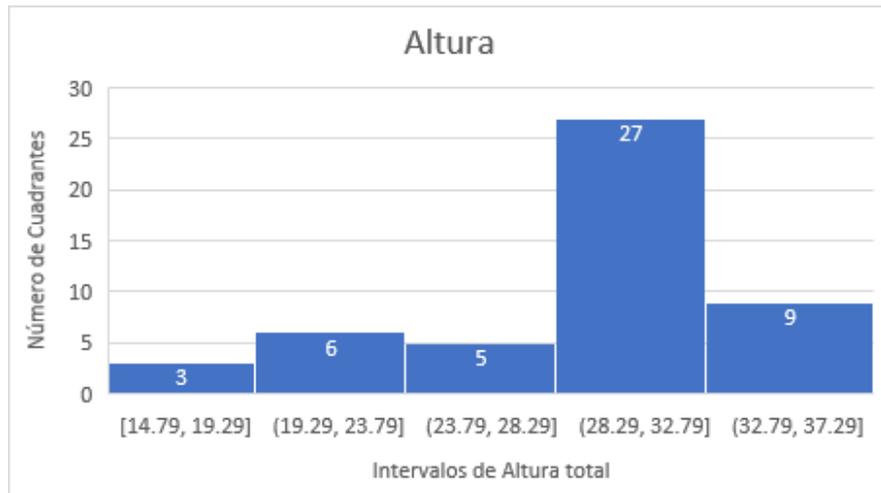


Figura 18. Altura total de los árboles de los cincuenta cuadrantes

El promedio de altura de todos los individuos medidos es de 28,92 m, sus valores se encuentran comprendidos entre 14,79 m de altura como el valor más bajo y 37,29m como el valor más alto; los datos de los cincuenta cuadrantes tienen un sesgo hacia la derecha, presentando la mayor cantidad de cuadrantes una altura entre los 28,29 y 32,79 m de altura total (ver Anexo 3).

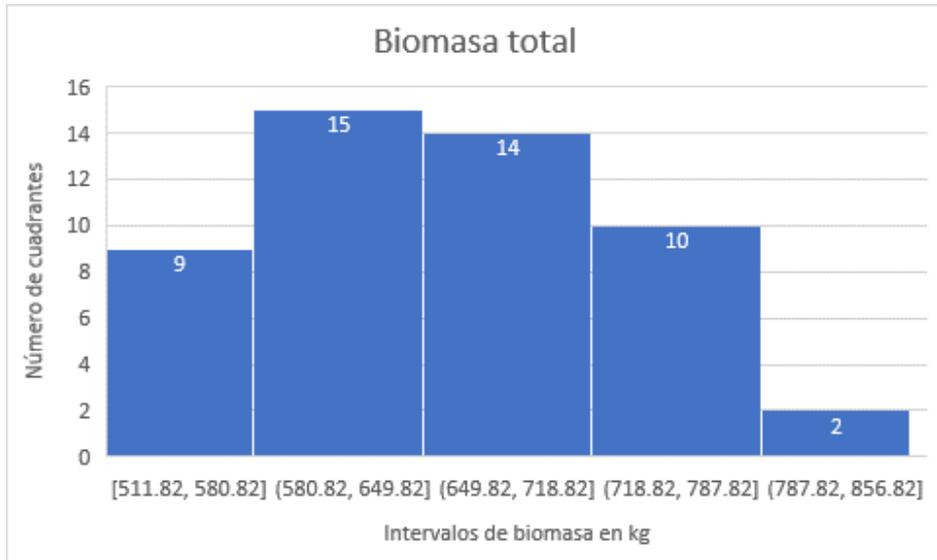


Figura 19. Biomasa total de los cincuenta cuadrantes

El valor total de biomasa calculado de los cincuenta cuadrantes es de 33.017,08 kg; los valores fluctúan entre los 511,82 kg como valor mínimo y 856,82 kg como valor máximo; los datos presentan un sesgo hacia la izquierda y la mayoría de los cuadrantes están entre los 580,82 kg y los 718,82 kg.

En base al uso de la ecuación alométrica escogida para este estudio, y con los datos de biomasa total se obtuvo el carbono total a partir del DAP y la altura de los árboles. (ver anexo 2).

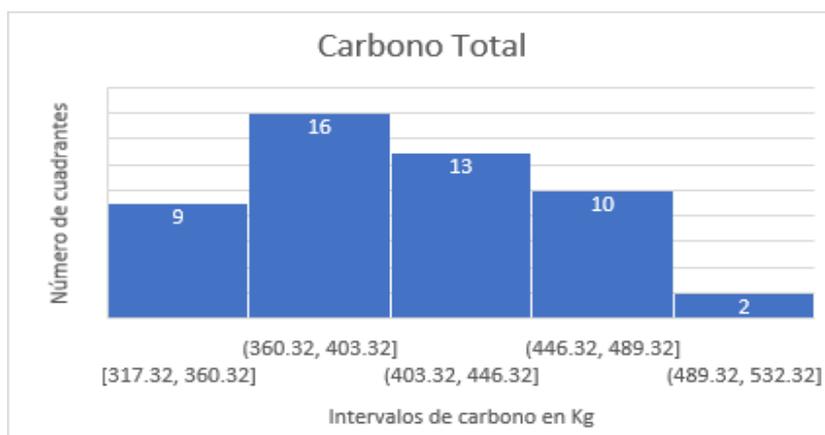


Figura 20. Carbono total de los cincuenta cuadrantes

El valor de carbono total de los cincuenta cuadrantes es de 20.470, 43 kg, los valores fluctúan entre los 317,32 kg como valor mínimo y 532,32 kg como valor máximo; los datos presentan un sesgo hacia la izquierda y la mayoría de los cuadrantes están entre los 360,32 kg y los 446,32 kg.

En base al uso de la ecuación alométrica 11, y con los datos de carbono total se obtuvo el CO₂ fijado a partir del carbono total calculado.

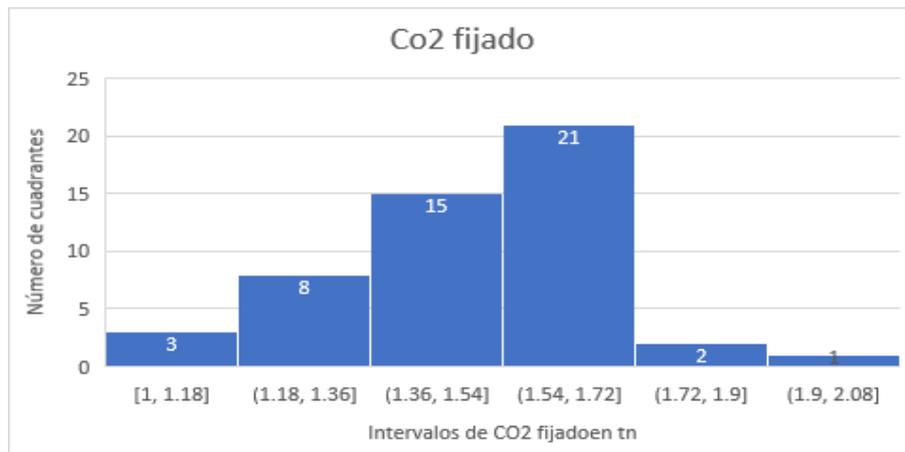


Figura 21. Carbono total de los cincuenta cuadrantes

El valor total del CO₂ fijado de los cincuenta cuadrantes es de 75, 05 toneladas, los valores fluctúan entre 1 t como valor mínimo y 2,08 t como valor máximo; los datos presentan un sesgo hacia la derecha y la mayoría de los cuadrantes están entre 1,54 t y 1,72 t de CO₂ fijado. (ver Anexo 4)

Comparación de datos obtenidos de carbono y CO₂ fijado

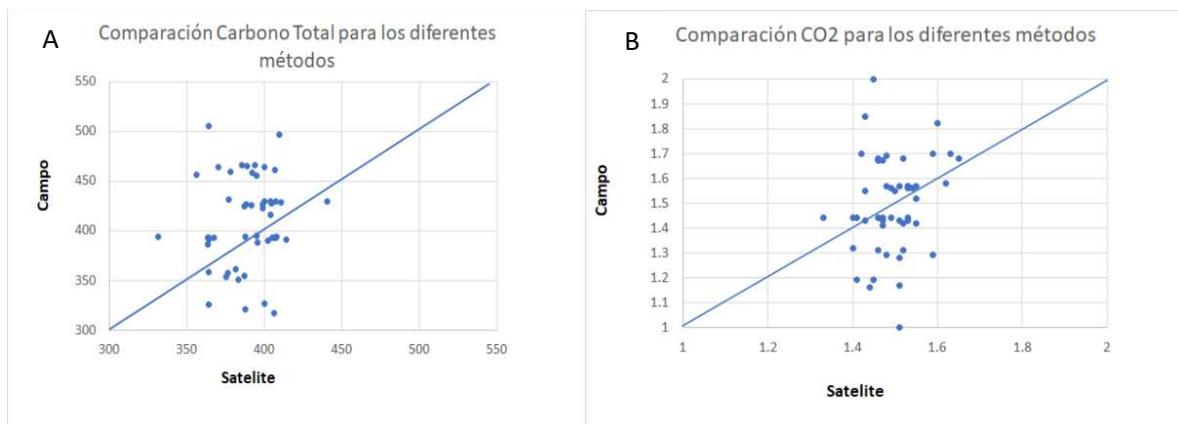


Figura 22. Resultados de CO₂ fijado en los cincuenta cuadrantes medidos.

Tabla 2: TABLA COMPARATIVA DE LOS DOS MÉTODOS UTILIZADOS			
Datos Obtenidos con SENTINELA 2		Datos Obtenidos en campo	
Carbono total en kg	CO₂ Fijado en t	Carbono total en kg	CO₂ Fijado en t
393.76	1.44	331.28	1.33
392.44	1.43	404.97	1.53
465.86	1.70	393.99	1.59
505.12	1.85	363.91	1.43
354.41	1.29	387.04	1.48
393.38	1.44	363.91	1.40
424.92	1.55	387.04	1.43
393.18	1.44	363.27	1.49
456.62	1.67	356.11	1.47
459.42	1.68	378.25	1.52
350.23	1.28	383.13	1.51
426.49	1.56	398.98	1.54
422.87	1.55	399.11	1.50
431.14	1.58	377.12	1.62
388.53	1.42	395.64	1.55
428.44	1.57	410.59	1.53
426.72	1.56	388.23	1.54
393.88	1.44	408.12	1.53
496.94	1.82	409.56	1.60
460.75	1.68	406.97	1.65
392.97	1.44	406.01	1.41
390.64	1.43	414.33	1.51
463.59	1.69	370.26	1.48
429.29	1.57	403.92	1.51

394.36	1.44	394.89	1.47
429.29	1.57	399.78	1.53
465	2	388.92	1.45
392.60	1.43	407.34	1.47
466.26	1.70	385.22	1.63
425.57	1.56	391.77	1.49
429.17	1.57	440.42	1.55
455.72	1.67	394.93	1.46
464.02	1.70	400.11	1.42
393.93	1.44	387.93	1.46
391.02	1.43	363.80	1.43
360.74	1.32	381.48	1.40
353.94	1.29	375.58	1.59
393	1	367.367	1.51
427.90	1.56	404.53	1.53
389.88	1.42	402.45	1.52
429.59	1.57	407.63	1.48
317.32	1.16	406.22	1.44
321.28	1.17	387.73	1.51
357.80	1.31	376.65	1.46
326.30	1.19	400.01	1.41
325.67	1.19	363.79	1.45
357.85	1.31	363.94	1.52
386.34	1.41	363.54	1.47
415.81	1.52	404.12	1.55
20.011,95 kg	75,05 t	19.061,88 kg	75,00 t

Proyección del CO₂ fijado en las zonas de arbolado del Parque Metropolitano Guanguiltagua

Se realizó la proyección de fijación de CO₂ para las 281,21 hectáreas que corresponde a la zona de arbolado, con lo que se obtuvo 42.150 toneladas fijadas de CO₂ para todo el arbolado del Parque Metropolitano Guanguiltagua.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

Obtención de los valores de NDVI del Parque Metropolitano Guanguiltagua mediante una imagen del satélite LANSAT 8 en una escala de tiempo.

El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), es uno de los índices de vegetación usados en teledetección, que cuantifica la diferencia entre la banda del infrarrojo cercano y la banda roja, dando como resultado valores de -1 a 1. Los valores de NDVI obtenidos en esta investigación por la imagen del LANSAT 8 y proyectados al 2030, presentan un crecimiento positivo. Esta tendencia es similar a la reportada por González (2020), en su estudio de plantas vasculares en la ciudad de Tuluma-México, en el cual indica haber encontrado valores crecientes del NDVI en un periodo de tiempo del 2000 al 2020. De igual manera Piscoya (2019); en su estudio de Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), en el distrito de Puquina, indica que encontró valores crecientes de NDVI en los años del 2014 al 2019. El obtener valores de NDVI en una escala de tiempo es importante para evaluar y monitorear el estado de la vegetación (Muñoz 2013).

Aunque encontramos valores crecientes de NDVI en el PMG en un período de 1982 al 2030, estos valores a veces pueden reducirse por efectos externos como los incendios forestales y sequías. Baquero (2019) en su estudio sobre las zonas de peligrosidad de incendios, en base al cálculo de índices de vegetación NDVI, identificó a las zonas de los parques metropolitanos, como sensibles de sufrir incendios forestales ya sean naturales o provocados, indica además que los meses de julio, agosto y septiembre, son los de mayor peligro de incendios forestales, debido a la ausencia de lluvias. Al interpretar los datos obtenidos en la Figura 2, podemos relacionarlo con la historia del Parque Metropolitano de manera cronológica, ya que este ha estado sometido a una serie de incendios que se ajustan a los picos hacia abajo, se puede observar que el gráfico justamente va relacionando con esos fenómenos suscitados en esas fechas. En el 2003 un incendio que destruyó 9 hectáreas (El Universo, 2003), en el 2005 fueron destruidas 12 hectáreas (El Universo, 2013), y 21 hectáreas en el 2013 (El Universo, 2013). Sin embargo, la tendencia positiva de acumulación de carbono en el PMGQ puede deberse a efectos positivos de campañas de reforestación. Las campañas de reforestación más importantes se realizaron en el 2013 posterior al incendio (El Telégrafo, 2013) y en el 2015 (El Comercio, 2015), hacia los picos más altos.

Aunque se obtuvieron los rangos de NDVI de los dos satélites, en este estudio se realizó el cálculo de tendencia en el tiempo solamente con el Landsat 8. Esto se hizo así por el historial con el que cuenta el satélite, ya que fue lanzado por primera vez al espacio en 1972; mientras que el SENTINELA 2, fue lanzado en el 2015. Tampoco fue factible la comparación de datos de bandas y NDVI por cuadrante entre los dos satélites ya que, para poder realizar la comparación de imágenes con diferentes sensores, ya sea por Landsat 8 o por SENTINELA 2, se debe convertir en nuevas imágenes mediante correcciones radiométricas (Avogadro et al., 2017). Además, existen diferentes factores que se deben considerar cuando se va a realizar la comparación de imágenes utilizando diferentes sensores, entre estas tenemos: la escala de tiempo, las condiciones atmosféricas, el ángulo solar y de visión (Chen et al., 2005).

Estimación del Carbono secuestrado y CO₂ fijado con imágenes del satélite SENTINELA 2

Las imágenes satelitales del SENTINELA 2, permiten realizar el cálculo del CO₂ fijado a través del uso de ecuaciones, que son resultado de regresiones lineales; generando valores numéricos de CO₂ para cada píxel. Los valores obtenidos en la presente investigación a través del uso de una imagen del SENTINELA 2 van de 1 a 2 toneladas de CO₂ en promedio por píxel. Es así como Mendoza (2018) en su estudio en plantaciones de *Pinus patula* logró determinar que las 30 unidades estudiadas en el distrito de Luya, a través del uso de imágenes del SENTINELA 2, fijaron 1,49 toneladas de CO₂. La investigación desarrollada por Mamani (2019) muestra resultados semejantes en su estudio en la ciudad de Moho-Perú, a través del uso de imágenes de SENTINELA 2, estimo que los árboles de eucalipto de 249,78 ha absorbieron 7.468,64 toneladas de CO₂ por hectárea es decir 29,9 toneladas al año aproximadamente. Sin embargo, los datos mostrados por Aparisi (2019), indican valores de carbono más bajos en un bosque de *Pinus halepensis*, en cantidad media de 26 toneladas por hectárea al año. La variación de las cantidades de almacenamiento de carbono se debe a las diferentes formas de distribución de los árboles y de su especie, así como sus condiciones climáticas (Aparisi, 2019). La radiación solar interactúa de manera predominante con las hojas de los árboles; por lo tanto, las imágenes ópticas presentan información del nivel superior del dosel del bosque (Mirra et al., 2017). De acuerdo con el análisis espectral de la imagen satelital Sentinel-2 se observa que cada cuadrante de *Eucalyptus globulus* tiene una información espectral diferente para cada píxel, considerando que cada píxel corresponde a 100 metros cuadrados del área del PMG.

Estimación del Carbono secuestrado y CO₂ fijado utilizando ecuaciones alométricas

Analizando los datos de biomasa obtenidos a partir del DAP y altura se verificó que existe una relación directa entre estas variables; esto se debe a que las plantas para su desarrollo y crecimiento adquieren el carbono del CO₂ atmosférico, para convertirlo en carbohidratos a través de la fotosíntesis y así aumentar su tejido vegetal (Mendoza, 2018). Este patrón se mantiene en los cincuenta cuadrantes observados en el PMG, donde hubo un espécimen con un DAP de 0,92 cm, 45 metros de altura y una biomasa de 58,79 kg, el cual se convirtió en el valor más alto observado. Analizando los datos de Muñoz y Vásquez (2020) se encontraron valores similares en su estudio realizado en los parques urbanos de la ciudad de Cuenca, en el cual observaron una relación directa entre el DAP, la altura y la biomasa donde su espécimen más alto tenía una biomasa 58,04 kg. En la investigación de McPherson (2008) para describir la estructura forestal en áreas urbanas a lo largo de la ciudad de California, utilizó ecuaciones alométricas con variables como el DAP y la altura para estimar la biomasa en los especímenes de *Eucalyptus globulus*. Sin embargo (Pacheco, 2020), menciona que la capacidad de captura de carbono disminuye en relación con el incremento de la edad de los árboles, en edades tempranas o intermedias es más alta la captura de carbono. El uso de modelos alométricos es ampliamente aceptado para cuantificar la biomasa de los árboles (Paky et al., 2017).

Comparación de datos obtenidos de carbono y CO₂ fijado

Comparando los valores de carbono y de CO₂, en los cincuenta cuadrantes, entre los datos obtenidos en campo y los proporcionados por el satélite, se observó que los datos obtenidos de carbono en el campo están sobreestimados en relación con los del satélite, mientras que los datos de CO₂ fijado, se encuentran sobreestimados en el satélite en relación con los del campo. En el presente estudio encontramos que no hay una relación directa entre el NDVI y la fijación de CO₂, es decir no se encontró mayor fijación a mayor valor de NDVI. Echeverría (2018) en su estudio en la reserva Yanacocha con imágenes satelitales, analiza qué (NDVI) nos permite determinar la vigorosidad de la vegetación siempre y cuando sea en zonas en las que la vegetación tenga una mayor superficie foliar como en sectores de la costa o el oriente del Ecuador, pero que para la sierra y los páramos no es tan efectivo porque su vegetación tiene una menor superficie foliar por tratarse de pajonales y pastizales, en estas zonas se presentan valores de NDVI bajos y medio, esto

ocurre porque la banda del rojo que es la banda 4 se relaciona con la cantidad de clorofila y la banda 8 del infrarrojo cercano se relaciona con el índice de la superficie foliar es decir la densidad de vegetación verde (Mendoza, 2018); tomando en cuenta que el *Eucalyptus globulus* es una especie que a medida que madura su tronco engrosa y su follaje disminuye, se explica que no tenga valores altos de NDVI en las zonas en que fija más CO₂ (Mirra et al., 2017). La sobrestimación que se presentó al comparar resultados de carbono y CO₂ en los resultados, puede deberse a que los valores de NDVI, no presentan una relación con la biomasa como lo hacen los resultados de campo.

Proyección del CO₂ fijado en las zonas de arbolado del Parque Metropolitano Guanguiltagua

Los parques urbanos influyen en la disminución de la huella de carbono de las ciudades por medio de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Cuenca et al., 2017). En el PMG se estimó que la zona de arbolado tiene fijado 42.150 toneladas de CO₂. Farinango (2020) en su estudio de la estimación de la captura de carbono del arbolado urbano en la ciudad de Otavalo, indica que el CO₂ capturado en las ocho avenidas de la ciudad fue de 2.640,22 t, lo que aporta a disminuir las emisiones generadas por la ciudad de Otavalo. De igual manera Martínez (2019) en su estudio estimación de la captura de carbono y evaluación del riesgo del bosque urbano del Tecnológico de Antioquia-Colombia, en el cual realizó mediciones de 220 individuos que presentaron una captura de CO₂ de 125,85 toneladas lo que representa la disminución en las emisiones generadas por el sector. Sin embargo, Lucero (2019), en su estudio biogénico de las emisiones de las especies *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Alnus acuminata* en el cantón Riobamba, indica que el estudio de las emisiones que realiza la vegetación no ha sido considerado en estudios de contaminación del ambiente; nos señala además que el *Eucalyptus globulus*, emite compuestos orgánicos volátiles al ambiente. Conocer la cantidad de carbono que fijan las áreas verdes de la ciudad de Quito puede servir para la toma de decisiones en la implementación de iniciativas para la disminución de la huella de carbono de la ciudad. Levantar inventarios de la cantidad de CO₂ que capturan las áreas urbanas es muy útil para la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos y el objetivo planteado podemos concluir que: el NDVI calculado en base a las imágenes satelitales del LANSAT 8 y del SENTINELA 2, presentan valores positivos para el NDVI en el PMG.

Las imágenes procedentes de satélites proporcionan información valiosa que, al ser relacionada con datos de campo, permite la estimación de variables como la biomasa y el carbono. Esta información es importante para evaluar la función de los bosques en el secuestro y emisiones de carbono.

El uso del DAP en el modelo alométrico permitió establecer la Biomasa Aérea en el *Eucalyptus globulus*, siendo ésta el 50% Carbono. Se logró de esta forma calcular la cantidad de carbono por cada cuadrante evaluado, como también, la cantidad en toda la extensión del arbolado.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio el Parque Metropolitano Guangüiltagua, ha fijado una importante cantidad de CO₂ con lo que contribuye a minimizar los efectos de las emisiones de CO₂ que genera la ciudad de Quito.

Recomendaciones

Se recomienda realizar futuros estudios en el Parque Metropolitano Guangüiltagua, para poder en base a los datos encontrados en esta investigación, monitorear la fijación de CO₂ por año.

Es importante realizar estudios de captura de carbono en otras áreas verdes de la ciudad para tener información real, del porcentaje que estas áreas aportan a la captura del CO₂ emitido por las actividades humanas en la ciudad.

Para futuros estudios se recomienda capturar imágenes satelitales en diferentes épocas del año, y obtener un promedio de los resultados especialmente de NDVI. Utilizar el índice SAVI también ayudaría a obtener una mayor precisión ya que este está destinado a corregir la influencia del suelo en la reflectancia.

De los resultados de campo y de imágenes satelitales se debe obtener un promedio para evitar la sobreestimación de los resultados.

Integrar y comparar diferentes tipos de sensores (satélites), para así obtener información más detallada de la cobertura vegetal. Siempre y cuando se realice la debida corrección atmosférica.

Los gobiernos municipales e inclusive el gobierno central deben incidir en la consolidación de las instituciones que manejen los espacios públicos verdes, su regulación y corrección preventiva, para la reducir la afectación de las áreas verdes en los espacios públicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aburto, M. A. S., y Samaniego, H. (2020). Observación espacial y análisis de la relación entre las emisiones atmosféricas de CO₂ y el tamaño de las ciudades en Chile. *Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada*, 59(2), 73-92.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=739443>
- Agency Especial European, (2021). *Copernicus Europe's eyes on Earth*,
(<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/agencia-europea-medio-ambiente-informacion-ambiental/copernicus/default.aspx>)
- Aguilar, S. A. V., Ceferino, C. C. M., y Copo, H. F. B. (2020). Evidencias del cambio climático en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(1), 72-76.
<https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/388/367>
- Aguirre, N., Aguirre, Z., y Ojeda, T. (2010). Calentamiento global y sus implicaciones en el Ecuador. *Ecología Forestal*, 1(1), 119.
<https://www.researchgate.net/profile/Nikolay-Aguirre/publication/263698134>
- Amescua, A. V. M., y Sandoval, A. Y. (2004). La captura de carbono en bosques: una herramienta para la gestión ambiental?. *Gaceta Ecológica*, (70), 5-56.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2882569>
- Aparisi Navarro, S. (2019). *Análisis de la biomasa forestal mediante imágenes de satélite. Teledetección aplicada a la gestión forestal* (Tesis Doctoral).
<http://hdl.handle.net/10251/125855>
- Armenteras, D., González, T. M., Vargas Ríos, O., Meza Elizalde, M. C., y Oliveras, I. (2020). Incendios en ecosistemas del norte de Suramérica: avances en la ecología del fuego tropical en Colombia, Ecuador y Perú. *Caldasia*, 42(1), 1-16.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322020000100001

- Aucanshala Pilatuña, Á. I. (2014). *Parque interactivo de tecnología en el borde urbano Guanguiltagua–Quito* (Tesis Licenciatura, Quito-UCE).
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8673>
- Augusto, S. Z. C., Martínez-Rincón, R. O., y Morales-Zárate, M. V. (2017). Tendencia en el siglo XXI del Índice de Diferencias Normalizadas de Vegetación (NDVI) en la parte sur de la península de Baja California. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 2017(94), 82-90.
<https://dx.doi.org/10.14350/rig.57214>
- Avogadro, E. G., y Padró, J. C. (2019). Comparación de métodos de clasificación aplicados a imágenes sentinel-2 y landsat-8, para la diferenciación de plantaciones forestales en entre ríos, argentina. *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (24), 8.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7383249>
- Baquero Rivadeneira, A. N. (2019). *Análisis del peligro de incendios forestales mediante el uso de Sensores Remotos. Caso de Estudio: Bosques protectores del Distrito Metropolitano de Quito en los años 2015 y 2016* (Tesis Ingeniería, Quito-PUCE).
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15998>
- Benavidez, W. (2017). Los árboles y la importancia de los espacios verdes públicos. *Revista Arquitectura*, 2(3), 22-33.
<https://doi.org/10.5377/arquitectura.v2i3.9147>
- Bonilla-Bedoya, S., Mora, A., Vaca, A., Estrella, A., y Herrera, M. Á. (2019). Modelling the relationship between urban expansion processes and urban forest characteristics: An application to the Metropolitan District of Quito. *Computers, Environment and Urban Systems*, 101420.
<https://doi:10.1016/j.compenvurbsys.2019>

- Bonilla, S., Alvarado, S., Abad, J., Yépez, J., Yanez, A., y Salazar, L. (2020). Quito ciudad de bosque y árboles. Relación espacial ciudad-ecosistema forestales y catálogo preliminar del arbolado urbano en el Distrito Metropolitano de Quito. *Editorial de la Universidad Tecnológica Indoamérica.*, (pp, 3-6)
<http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/1564>
- Bonilla-Bedoya, S., Zalakeviciute, R., Coronel, D. M., Durango-Cordero, J., Molina, J. R., Macedo-Pezzopane, J. E., y Herrera, M. Á. (2021). Spatiotemporal variation of forest cover and its relation to air quality in urban Andean socio-ecological systems. *Urban Forestry & Urban Greening*, 59, 127008.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127008>
- Burbano, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de ciencias Agrícolas*, (pp, 82-96)
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v35n1/0120-0135-rcia-35-01-00082.pdf>
- Burgos, J. D., y Pérez, J. A. (2004). Modelo de regresión lineal para la estimación de biomasa en algunos ecosistemas boscosos de Colombia. *Colombia forestal*, 8(17), 103-109.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2004.1.a07>
- Cabello, J., y Paruelo, J. M. (2008). La teledetección en estudios ecológicos. *Ecosistemas*, 17(3).
<http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/77/74ntal>
- Cancino Cancino, J. O. (2012). Dendrometría básica. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. *Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente*, (pp, 9-17)
http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/407/2/Dendrometria_Basica
- Cardona Arango, K. C., y Bermúdez Zapata, V. (2019). *Arbolado urbano como estrategia de gestión de la calidad del aire*. (Tesis Especialización, Medellín -Universidad de Antioquia).

<http://hdl.handle.net/10495/15906>

Cardona Lindo, C. M., Garzón Barrero, J., y Jiménez Cleves, G. (2019). Estimation of Carbon Capture in an Urban Forest Relict through Teledetection Techniques. *Revista Ingenierías*, 19(37), 13-34.
<https://doi.org/10.22395/riium.v19n37a1>

Carrera-Villacrés, D. V., Guevara-García, P. V., Tamayo-Bacacela, L. C., Balarezo-Aguilar, A. L., Narváez-Rivera, C. A., y Morocho-López, D. R. (2016). Relleno de series anuales de datos meteorológicos mediante métodos estadísticos en la zona costera e interandina del Ecuador, y cálculo de la precipitación media. *Idesia (Arica)*, 34(3), 81-90.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016000300010>

Chen, X.; Vierling, L. y D. Deering (2005): A simple and effective radiometric correction method to improve landscape change detection across sensors and across time. *Remote Sensing of Environment*, 98, pp. 63-79.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.05.021>

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático Naciones Unidas (2018)., (<https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convencion-marco-naciones-unidas-cambio-climatico>)

Córdova, M., Cordova, D., Alvarez, F. C., Chaglla, M. T., Pico, P. E., y Pérez, L. V. (2018, May). Carbon Footprints in Ecuador: Case of Riobamba city's Bus Stations. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 151 (1), 012001. IOP Publishing.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/151/1/012001/meta>

Cuenca, M. E., Jadan, O., Cueva, K., y Aguirre, C. (2017). Carbono y ecuaciones alométricas para grupos de especies y bosque de tierras bajas, Amazonía Ecuatoriana. *Cedamaz*, 4(1).
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/226>

- Delgado, J. F. I., y Romero, D. C. (2007). Cambio climático. Glaciaciones y calentamiento global. *U. Jorge Tadeo Lozano*.
<http://hdl.handle.net/20.500.12010/1987>
- de Oca-Cano, E. M., Salvador-García, Á., Nájera-Luna, J. A., Corral-Rivas, S., y González, J. M. (2020). Ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Trichospermum mexicanum* (DC.) *Baill. Colombia forestal*, 23(2).
<https://doi.org/10.14483/2256201X.15836>
- de Paz, M., Gobbi, M., y Raffaele, E. (2019). Revisión de las experiencias de revegetación con fines de restauración en bosques de la Argentina. *Ecología Austral*, 29(2), 194-207.
<http://orcid.org/0000-0002-0701-9316>
- del Pilar Arroyave-Maya, M., Posada-Posada, M. I., Nowak, D. J., y Hoehn, R. E. (2019). Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el valle de Aburrá. *Colombia Forestal*, 22(1), 5-16.
<https://doi.org/10.14483/2256201X.13695>
- de Souza, M. F., Longhini, C. M., Silva, A. M., y Lentini, C. A. D. (2012). Ciclo do Carbono: Processos Biogeoquímicos, Físicos e Interações entre Compartimentos na Baía de Todos os Santos. *Revista Virtual de Química*, 4(5), 566-582.
<https://doi.org/10.5935/1984-6835.20120044>
- Dubois, A., y Seminario Hurtado, N. (2019). Acuerdo de París: instrumento de la Ley Internacional en la Lucha Contra el Calentamiento Global. *Lumen*, 1(15), 61-68.
<https://doi.org/10.33539/lumen.2019.n15.1755>
- Echeverría, A., Pachacama, R., Villaverde, Y., y Proaño, N. (2019). Cálculo de biomasa aérea y carbono capturado de la reserva Yanacocha a través de imágenes satelitales. *Revista Geoespacial*, 15(1), 33-44.
<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-geoespacial/article/view/1264>

- El Comercio (Agosto 06, 2014). 5,1 millones de toneladas de CO₂ al año
(<https://www.elcomercio.com/actualidad/quito-produce-millones-dioxido-carbono.html>)
- El comercio (Febrero 12, 2015). Reforestación con especies nativas en el Parque Metropolitano
(<https://www.elcomercio.com/tendencias/sociedad/reforestacion-especiesnativas-parquemropolitano-quito-ambiente.html>)
- El Telégrafo (Octubre 20, 2013). Reforestan el Parque Metropolitano.
(<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/1/reforestan-parque-metropolitano>)
- El Universo (Agosto 17, 2003). Incendio Forestal en el Parque Metropolitano
(<https://www.eluniverso.com/2003/08/17/0001/10/6A80D3E9374F48C683FAB2CE6C3B1A1E.html/>)
- El Universo (Agosto 03, 2005). Incendio consumió ayer 12 hectáreas de Parque en Quito
(<https://www.eluniverso.com/2005/08/03/0001/12/7BB280EAA64A44CF999A7E5F56AD4CDB.html/>)
- El Universo (Septiembre 22, 2013). Controlan Incendio en el Parque Metropolitano
(<https://www.eluniverso.com/noticias/2013/09/22/nota/1485036/emergencia-quito-incendio-parque-metropolitano>)
- Espíndola, C., y Valderrama, J. (2018). Huella de Carbono: Cambio Climático, Gestión Sustentable y Eficiencia Energética. *Editorial Universidad de La Serena*.
https://books.google.es/books?id=8JBxDwAAQBAJ&dq=huella+de+carbono&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s

Estacio, J., y Narváez, N. (2013). Incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ): Conocimiento e intervención pública del riesgo. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana De Estudios Socioambientales*, (11), 27-52.

<https://doi.org/10.17141/letrasverdes.11.2012.914>

Farinango Carlosama, J. N. (2020). *Estimación de la captura de carbono del arbolado urbano en la cabecera cantonal de Otavalo, provincia de Imbabura* (Tesis Licenciatura, Ibarra-UTA).

<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10395>

Fernández-Reyes, R. (2016). El Acuerdo de París y el cambio transformacional. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 132, 101-114.

<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/68160/el-acuerdo-de-paris>

Flores, L., Solis, J. V., y Herrera, J. A. Q. (2018). Evaluación de los efectos microclimáticos que tiene la vegetación en la mitigación de la isla de calor urbana: Parque en la ciudad de Torreón, México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(2), 123-140.

<https://doi.org/10.15359/rca.52-2.7>

Fonseca, W. (2017). Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 91-109.

<http://dx.doi.org/10.15359/rca.51-2.5>

Frohmann, A., y Olmos, X. (2013). Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático.

<http://hdl.handle.net/11362/4101>

García, F., Hernández, G., y Gallardo L. (2006). Comparison of ecosystem C pools in three forest in Spain and Latin America. *Ann. For Sci*, (63), 519-523.

<http://dx.10.1051/forest:2006034>

Google Earth Engine, A planetary-scale platform for Earth science data y analysis (2021)
(https://www.google.com/intl/es_in/earth/education/tools/google-earth-engine/)

González, L. E. Q., y González, J. R. Q. (2019). Infraestructuras verdes vivas: características tipológicas, beneficios e implementación. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 12(23), 160-178.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=629765253007>

González, M. V., y Ceballos, S. J. (2021). Las epífitas vasculares en un ambiente urbano están influidas por características del arbolado, el clima y las fuentes de propágulos. *Ecología Austral*, 31, 357-371.

<https://doi.org/10.25260/EA.21.31.2.0.1354>

Granados, F. G. (2020). La conservación de la biodiversidad urbana en México: Algunas aportaciones desde lo local. *Revista legislativa de estudios sociales y de opinión pública*, 13(27), 17-46.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=12158>

Gutiérrez-Olguín, P. D. (2020). El incremento del CO₂ en el planeta, como evidencia de las actividades humanas. *Logos Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 2*, 7(13), 3-4

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa2/article/view/5156>

Ikon Cience, Soluciones para generar datos superficiales. (2021)

(<https://gkudos.com/blog/2011/02/15/quantum-gis-qgis-un-sistema-de-informacion-geografica-basado-en-software-libre/>)

Instituto Nacional de estadísticas y Censos INEC, (2020)

(<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>)

Iriarte, A., Almeida, M. G., y Villalobos, P. (2014). Carbon footprint of premium quality export bananas: case study in Ecuador, the world's largest exporter. *Science of the total environment*, (472), 1082-1088.

<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.02.051>

Intergovernmental Panel on Climatic Change. (2020) Informe de Síntesis. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. *Cambridge University Press, Cambridge*. (P. 107)

https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml

Lenguaje en R. (2021). UNIR la Universidad en Internet

(<https://www.unir.net/ingenieria/revista/lenguaje-r-big-data/>)

López-Guerrero, I., Fontenot, J. P., y García-Peniche, T. B. (2011). Comparaciones entre cuatro métodos de estimación de biomasa en praderas de Festuca alta. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 2(2), 209-220.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000200008

Lucero Katherin, C. R., y Marco Rubén, C. C. (2019). *Estudio biogénico de las emisiones de las especies Pinus radiata, Eucalyptus globulus labill y Alnus acuminata en el cantón Riobamba* (Tesis Licenciatura, Riobamba- Universidad Nacional de Chimborazo).

<https://www.example.edu/paper.pdf>

Madroñero, D. M., Mondragón, E. I., y Vergel-Ortega, M. (2021). Análisis estadístico para validar parámetros de modelos matemáticos por medio del método de mínimos cuadrados. *Revista Boletín Redipe*, 10(5), 343-359.

<https://doi.org/10.36260/rbr.v10i5.1309>

- Mamani, G. M., Atamari, E. H., Vilca, R. L., Pérez, F. C., y Espinoza, N. B. (2019). Firmas espectrales en el cálculo de absorción del dióxido de carbono por *Eucaliptus Globolus* caso Moho, Puno. *Revista Científica de la UCSA*, 6(2), 6-10.
<https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2019.006.02.006-010>.
- Mariño, P. A. A. (2015). Evaluación del impacto ambiental en el parque metropolitano Guangüiltagua de la ciudad de Quito. *Revista Científica UISRAEL*, 2(1), 11-30.
<https://doi.org/10.35290/rcui.v2n1.2015.27>
- Martín Chivelet, J. (2010). Ciclo del carbono y clima: la perspectiva geológica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18(1), 33-46.
<http://www.raco.cat/index.php/ECT/issue/archive>
- Martínez Cataño, A. F. (2019). *Estimación de la captura de carbono y evaluación del riesgo del bosque urbano del Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria*. (Tesis de Licenciatura, Antioquia-Institución Universitaria).
<https://dspace.tdea.edu.co/handle/tda/473>
- Martínez Vega, J., Martín, M. P., Díaz Montejó, J. M., López Vizoso, J. M., y Muñoz Recio, F. J. (2010). *Guía didáctica de teledetección y medio ambiente*.
<http://hdl.handle.net/10261/28306>
- Mancheno Aróstegui, J. A. (2018). *Propuesta para la mejora de las condiciones y servicios del Parque Metropolitano Guangüiltagua, provincia de Pichincha* (Tesis Ingeniería, Guayaquil -Universidad Católica)
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/11391>

- McPherson, E. G., Xiao, Q., van Doorn, N. S., de Goede, J., Bjorkman, J., Hollander, A., y Thorne, J. H. (2017). The structure, function, and value of urban forests in California communities. *Urban Forestry y Urban Greening*, 28, 43-53.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.09.013>
- Mendoza Chichipe, M. E. (2018). *Estimación de carbono en plantaciones de Pinus patula mediante el análisis espectral de una imagen satelital sentinel-2, Distrito de Luya Viejo, Amazonas*, 2018 (Tesis Ingeniería Perú- Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas)
<http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1551>
- Miehle, P., Battaglia, M., Sands, P. J., Forrester, D. I., Feikema, P. M., Livesley, S. J., y Arndt, S. K. (2009). A comparison of four process-based models and a statistical regression model to predict growth of *Eucalyptus globulus* plantations. *Ecological Modelling*, 220(5), 734-746.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.12.010>
- Ministerio del Ambiente, (2016). Reporte del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2010 de Ecuador, Quito-Ecuador.
(<https://www.ambiente.gob.ec/ministerio-del-ambiente-presento-resultados-de-la-participacion-de-ecuador-en-la-cop23/>)
- Mirra, I. M., Oliveira, T. M., Barros, A. M., y Fernandes, P. M. (2017). Fuel dynamics following fire hazard reduction treatments in blue gum (*Eucalyptus globulus*) plantations in Portugal. *Forest Ecology and Management*, 398, 185-195.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.05.016>
- Mondragón, F. (2021). Ciclos del dióxido de carbono en la formación y utilización de combustibles fósiles y su efecto en el cambio climático. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*.
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.1364>

- Montes, I. (2019). ¿El océano, el cambio climático, y El Niño?. *Boletín técnico: Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño*, 6 (12), 5-8.
<http://hdl.handle.net/20.500.12816/4825>
- Monteros Varela, E. G. (2015). *Diseño e implementación de un sistema de mitigación a la huella de carbono en la zona urbana* (Tesis Ingeniería, Quito- UCE).
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7106>
- Morales-García, A. (2021). Petróleo, ¿Cómo se origina?. *Logos Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 2*, 8(15), 20-21.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa2/article/view/6513>
- Muñoz Aguayo, P. (2013). Apuntes de Teledetección: Índices de vegetación.
<http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26389/Tema%20Indices%20de%20vegetaci%C3%B3n%20Pedro%20Mu%C3%B1oz%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Muñoz Tello, M. E., y Vásquez Córdova, E. G. (2020). *Estimaciones del potencial de captura de carbono en los parques urbanos y emisiones de CO₂ vehicular en Cuenca, Ecuador* (Tesis Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18390>
- Murillo, J. (2021). Innovando las Ciudades del Futuro. *Revista Centroamericana de Administración Pública*, (80), 31-40.
<https://ojs.icap.ac.cr/index.php/RCAP/article/view/151>
- Naciones Unidas (2015) Acuerdo de París. *21ª Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21) de París*. Artículo 2.
(<https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>)

- Navarro-Martínez, J., Godínez-Jaimes, F., López-López, M. Á., Rosas-Acevedo, J. L., Juárez-López, A. L., y Reyes-Umaña, M. (2020). Ajuste de ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea en *Pinus oocarpa* y *Quercus resinosa* en Guerrero, México. *Madera y bosques*, 26(1).
<https://doi.org/10.21829/myb.2020.2611964>
- Nieto Masot, A., y Cárdenas Alonso, G. (2018). Sistemas de información geográfica y teledetección: aplicaciones en el análisis territorial. Extremadura, España: *Grupo de Investigación Geo-Ambiental de la Universidad de Extremadura*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=721667>
- Ogunbode, CA, Doran, R. y Böhm, G. (2020). La exposición al informe especial del IPCC sobre el calentamiento global de 1,5 C está relacionada con la amenaza percibida y la mayor preocupación por el cambio climático. *Cambio climático*, 158 (3), 361-375.
<https://doi.org/10.1007/s10584-019-02609-0>
- Pacheco Gutiérrez, C. A. (2020). Estimación del almacenamiento y retención de Dióxido de carbono en el arbolado urbano público de la zona de Achumani de la ciudad de La Paz a través de una aplicación móvil. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 19(19), 153-174.
http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v19n19/v19n19_a08.pdf
- Parsa, V. A., Salehi, E., Yavari, A. R., y van Bodegom, P. M. (2019). Evaluating the potential contribution of urban ecosystem service to climate change mitigation. *Urban Ecosystems*, 22(5), 989-1006.
http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v19n19/v19n19_a08.pdf
- Pataki, D. E., Carreiro, M. M., Cherrier, J., Grulke, N. E., Jennings, V., Pincetl, S., y Zipperer, W. C. (2011). Coupling biogeochemical cycles in urban environments: ecosystem services, green solutions, and misconceptions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, (pp, 27–36).

<https://doi.org/10.1890/090220>

Perea-Ardila, M. A., Andrade-Castañeda, H. J., y Segura-Madrigal, M. A. (2021). Estimación de biomasa aérea y carbono con Teledetección en bosques alto-Andinos de Boyacá, Colombia. Estudio de caso: Santuario de Fauna y Flora Iguaque. *Revista Cartográfica*, (102), 91-123.

<https://doi.org/10.35424/rcarto.i102.821>

Perez, C., y Muñoz, A. L. (2006). Teledetección: nociones y aplicaciones.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=5256>

Piscocoya Perez, L. R. (2019). Índice de vegetación de diferencia normalizada (Ndvi) en el distrito de Puquina, Moquegua.

<http://repositorio.untels.edu.pe//handle/123456789/144>

Pimienta-Barrios, E., Robles-Murguía, C., Carvajal, S., Muñoz-Urías, A., Martínez-Chávez, C., y de León-Santos, S. (2014). Servicios ambientales de la vegetación en ecosistemas urbanos en el contexto del cambio climático. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(22), 28-39.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200711322014000200003&script=sci_arttext

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, (2021)

(<https://www.un.org/ruleoflaw/es/un-and-the-rule-of-law/united-nations-environment-programme/>)

Posso Espinosa, A. P. (2020). *Emisión de gases de efecto invernadero en las opciones dominantes de movilidad del Distrito Metropolitano de Quito* (Tesis Maestría, Quito-Universidad Andina Simón Bolívar).

<http://hdl.handle.net/10644/7972>

- Quillupangui Nasimba, C. D. (2019). *Determinación del comportamiento espectral de coberturas y usos de la tierra de la subcuenca del río San Pedro* (Tesis Ingeniería, Quito UCE).
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/19802>
- Ramos-Hernández, E., y Martínez-Sánchez, J. L. (2020). Almacenes de biomasa y carbono aéreo y radicular en pastizales de *Urochloa decumbens* y *Paspalum notatum* (Poaceae) en el sureste de México. *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 440-451.
<http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i2.37395>
- Román-Collado, R., Sanz-Díaz, MT y Loja Pacheco, C. (2021). Hacia la descarbonización del Ecuador: un análisis multisectorial y multirregional de su huella de carbono. *Environ Sci Pollut Res*.
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-14521-1>
- Saavedra-Romero, L. D. L., Hernández-de la Rosa, P., Alvarado-Rosales, D., Martínez-Trinidad, T., y Villa-Castillo, J. (2019). Diversidad, estructura arbórea e índice de valor de importancia en un bosque urbano de la Ciudad de México. *Polibotánica*, (47), 25-37.
<https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.3>
- Sabine, L., Heimann, M., Artaxo, P., Bakker, D., Chen, C., Field, B., Gruber, N., Le queré, C., Prinn, R., Richey, J., Romero, P., Sathaye, A., y, Valentini, R. (2004), Current Status and Past Trends of the Global Carbon Cycle, In: *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate and the Natural World*. C. B. Field Y M. R. Raupach (Eds.), *Island Press, Washington, D.C.* (pp., 17-44)
<https://www.divulgameteo.es/fotos/lecturas/Captaci%C3%B3n-CO2-oc%C3%A9ano.pdf>
- Salazar Loor, J. G. (2013). *Áreas verdes urbanas: estudio de caso del Parque Metropolitano Gauangüiltagua* (Tesis Maestría, Quito- Flacso).
<http://hdl.handle.net/10469/6931>

Sandoval Moreira, M. I. (2020). *Análisis de las iniciativas del Ecuador en las negociaciones internacionales sobre cambio climático COP21 y COP23* (Tesis maestría, Quito, Universidad Andina Simón Bolívar).
<http://hdl.handle.net/10644/7430>

Sandoval-Núñez, R. A., Cid-Serrano, L., y Alfaro, E. J. (2020). Modelos estadísticos para la interacción océano-atmósfera. *Journal: Revista de la Universidad del Zulia*, (30), 54-72.
<https://doi.org/10.46925//rdluz.30.05>

Sánchez, P. M., Ochoa-Ordóñez, O., y Ochoa-Moreno, W. (2018). Emisiones de CO₂, crecimiento económico y escolaridad: análisis subnacional para Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 11(2), 69-76.
<https://doi.org/10.18779/cyt.v11i2.237>

Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito y C40. (2020) Plan de Acción de Cambio Climático de Quito 2020. Primera edición. Quito, Ecuador: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.
(https://cdn.locomotive.works/sites/5ab410c8a2f42204838f797e/content_entry5ae2f905a2f4220ae645f026/604f5d17442aed00a68f253f/files/Quito_CAP_2020.pdf?1615813942)

Sentinel Application Platform SNAP 8.0 released, (2021).
(<http://www.gisandbeers.com/snap-analisis-imagenes-satelite-sentinel/>)

Seppänen, P. (2002). Secuestro de carbono a través de plantaciones de eucalipto en el trópico húmedo Foresta Veracruzana, *Recursos Genéticos Forestales Xalapa México* (4), 51-58
<https://www.redalyc.org/pdf/497/49740208.pdf>

Sola G., Picard N., Saint-André L., y Henry M. (2012). Resumen del manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles: del trabajo de campo a la predicción. *Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y*

- el Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Rome, Montpellier, (pp. 17)*
http://www.globalometree.org/media/cms_page_media/6/Summary_AE_SP_06feb.pdf
- The European Space Agency, Sentinel 2, (2021)
(https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/SENTINEL_2)
- Travez, J. J., y Yáñez, P. (2019). Diversidad y abundancia de avifauna en el campus de la UIDE y el Parque Metropolitano Guanguiltagua, Distrito Metropolitano de Quito, recomendaciones para su conservación. *Boletín Técnico, Serie Zoológica*, 13(12-13).
<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-serie-zoologica>
- Trenberth, K. E. (2007). Océanos más cálidos y huracanes más fuertes. *Investigación y ciencia*, (372), 14-21.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2345183>
- Valderrama, J. O., Espíndola, C., y Quezada, R. (2011). Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias. *Formación universitaria*, 4(3), 3-12. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062011000300002>
- Valencia Montenegro, M. J. (2018). *Agricultura Urbana como medida de mitigación de la Huella de Carbono en el Distrito Metropolitano de Quito* (Tesis Ingeniería, Quito-PUCE).
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15827>
- Valverde Quiroz, J. C. (2017). *Determinación de la ecuación de biomasa aérea de Eucalyptus globulus de plantaciones en cercos vivos, distrito de Huertas, Junín*. (Tesis de Ingeniería, Lima, Universidad Nacional Agraria la Molina,)
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2701>

- Valverde, J. C., Barrena, V. M., y Guillén, R. (2019). Estimación de la biomasa aérea de *Eucalyptus globulus Labill* plantado en cercos vivos, distrito Huertas, Junín (Perú). *Rev. For. Perú*, 34, 52-65.
<http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v34i1.1284>
- Vega Aguilar, S. A., Malla Ceferino, C. C., y Bejarano Copo, H. F. (2020). Evidencias del cambio climático en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(1), 72-76.
<https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/388>
- Vicari, R., Kandus, P. Protolongo., y, Burghi, M. (2006). Alteración en el almacenaje de Carbono por la intervención humana de los sistemas naturales en el bajo delta del río Paraná. Su importancia en el balance Emisión- sumidero de CO₂ atmosférico. En Brown et al. (eds) *La situación ambiental de la Argentina Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires*, (pp.,161-163).
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/6292>
- Villa, M., y Rodríguez Vignoli, J. (1998). Distribución espacial de la población, urbanización y ciudades intermedias: hechos en su contexto. En: Ciudades intermedias de América Latina y el Caribe: *propuestas para la gestión urbana-LC/L. 1117-1998-p. 25-68*.
<http://hdl.handle.net/11362/31025>
- Vincenti, S. S., Zuleta, D., Moscoso, V., Jácome, P., Palacios, E., y Villacís, M. (2012). Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito. *La Granja*, 16(2), 23-47.
<https://doi.org/10.17163/lgr.n16.2012.03>
- Wang, W., Lin, J. Y., Cui, S. H., y Lin, T. (2010). An overview of carbon footprint analysis. *Environmental Science y Technology*, (7), 71-78.
https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotol-FJKS201007019.htm

Zambrano Torres, G. D. (2020). *Uso de imágenes satelitales, ecuaciones alométricas y validación de campo para la cuantificación de biomasa aérea y stock de carbono en un bosque remanente de vegetación de Valle Seco Interandino de la Provincia de Pichincha, Ecuador* (Tesis de Licenciatura).
<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/9102>

ANEXOS

ANEXO 1: Mediciones de campo DAP y altura total

Datos obtenidos en campo de cincuenta cuadrantes, de 10m x 10m con un total de 575 especímenes medidos, su DAP y altura total.

ÁRBOLES	CIRCUNFERENCIA	DAP	ALTURA	CUADRANTE	LATITUD	LONGITUD
SP1	1.3	0.413	8	1	-0.179909	-78.464087
SP2	1.5	0.477	15	1	-0.179909	-78.464087
SP3	0.9	0.286	15	1	-0.179909	-78.464087
SP4	1.2	0.381	20	1	-0.179909	-78.464087
SP5	0.9	0.286	12	1	-0.179909	-78.464087
SP6	1.05	0.334	15	1	-0.179909	-78.464087
SP7	1.3	0.413	18	1	-0.179909	-78.464087
SP8	1.34	0.426	15	1	-0.179909	-78.464087
SP9	1.64	0.522	25	1	-0.179909	-78.464087
SP10	1.6	0.509	28	1	-0.179909	-78.464087
SP11	1.44	0.458	20	1	-0.179909	-78.464087
SP12	1.2	0.381	18	2	-0.17973	-78.46355
SP13	1.5	0.477	23	2	-0.17973	-78.46355
SP14	1.4	0.445	22	2	-0.17973	-78.46355
SP15	1.3	0.413	19	2	-0.17973	-78.46355
SP16	1.6	0.509	18	2	-0.17973	-78.46355
SP17	1.3	0.413	19	2	-0.17973	-78.46355
SP18	1.1	0.350	16	2	-0.17973	-78.46355
SP19	1.4	0.445	17	2	-0.17973	-78.46355
SP20	1.5	0.477	20	2	-0.17973	-78.46355
SP21	1.7	0.541	21	2	-0.17973	-78.46355
SP22	1.6	0.509	19	2	-0.17973	-78.46355
SP23	0.87	0.276	20	3	-0.18226	-78.46301
SP24	2.06	0.655	30	3	-0.18226	-78.46301
SP25	2.07	0.658	35	3	-0.18226	-78.46301
SP26	1.83	0.582	32	3	-0.18226	-78.46301
SP27	1.04	0.331	29	3	-0.18226	-78.46301
SP28	1.2	0.381	27	3	-0.18226	-78.46301
SP29	1.1	0.350	26	3	-0.18226	-78.46301
SP30	1.4	0.445	33	3	-0.18226	-78.46301

SP31	1.3	0.413	34	3	-0.18226	-78.46301
SP32	0.9	0.286	24	3	-0.18226	-78.46301
SP33	0.8	0.254	23	3	-0.18226	-78.46301
SP34	1.1	0.350	28	3	-0.18226	-78.46301
SP35	1.2	0.381	30	3	-0.18226	-78.46301
SP36	0.8	0.254	27	4	-0.18253	-78.46202
SP37	1.2	0.381	31	4	-0.18253	-78.46202
SP38	0.9	0.286	20	4	-0.18253	-78.46202
SP39	0.92	0.292	22	4	-0.18253	-78.46202
SP40	0.94	0.299	25	4	-0.18253	-78.46202
SP41	0.87	0.276	23	4	-0.18253	-78.46202
SP42	0.84	0.267	27	4	-0.18253	-78.46202
SP43	0.75	0.238	24	4	-0.18253	-78.46202
SP44	0.6	0.190	19	4	-0.18253	-78.46202
SP45	0.93	0.296	27	4	-0.18253	-78.46202
SP46	1.21	0.385	32	4	-0.18253	-78.46202
SP47	0.97	0.308	28	4	-0.18253	-78.46202
SP48	1.32	0.420	34	4	-0.18253	-78.46202
SP49	2.1	0.668	42	4	-0.18253	-78.46202
SP50	2.3	0.732	18	5	-0.18488	-78.463189
SP51	0.5	0.159	16	5	-0.18488	-78.463189
SP52	1.69	0.537	33	5	-0.18488	-78.463189
SP53	2.08	0.662	18	5	-0.18488	-78.463189
SP54	0.9	0.286	16	5	-0.18488	-78.463189
SP55	1.85	0.588	20	5	-0.18488	-78.463189
SP56	1.62	0.515	25	5	-0.18488	-78.463189
SP57	2.1	0.668	30	5	-0.18488	-78.463189
SP58	2.2	0.700	21	5	-0.18488	-78.463189
SP59	1.92	0.611	32	5	-0.18488	-78.463189
SP60	0.67	0.213	52	6	-0.174305	-78.461339
SP61	1.25	0.397	34	6	-0.174305	-78.461339
SP62	1.55	0.493	44	6	-0.174305	-78.461339
SP63	1.35	0.429	46	6	-0.174305	-78.461339
SP64	1.2	0.381	30	6	-0.174305	-78.461339
SP65	1.62	0.515	32	6	-0.174305	-78.461339
SP66	1.7	0.541	26	6	-0.174305	-78.461339
SP67	1.52	0.483	24	6	-0.174305	-78.461339
SP68	1.43	0.455	26	6	-0.174305	-78.461339

SP69	1.32	0.420	32	6	-0.174305	-78.461339
SP70	1.61	0.512	28	6	-0.174305	-78.461339
SP71	1.91	0.607	47	7	-0.174395	-78.460407
SP72	1	0.318	59	7	-0.174395	-78.460407
SP73	1.87	0.595	52	7	-0.174395	-78.460407
SP74	2.21	0.703	46	7	-0.174395	-78.460407
SP75	1.52	0.483	35	7	-0.174395	-78.460407
SP76	2.1	0.668	32	7	-0.174395	-78.460407
SP77	1.93	0.614	26	7	-0.174395	-78.460407
SP78	2.2	0.700	28	7	-0.174395	-78.460407
SP79	1.8	0.572	30	7	-0.174395	-78.460407
SP80	1.76	0.560	28	7	-0.174395	-78.460407
SP81	1.84	0.585	27	7	-0.174395	-78.460407
SP82	1.87	0.595	31	7	-0.174395	-78.460407
SP83	1.07	0.340	19	8	-0.1743761	-78.4610238
SP84	1.03	0.327	30	8	-0.1743761	-78.4610238
SP85	1.1	0.350	23	8	-0.1743761	-78.4610238
SP86	1.84	0.585	10	8	-0.1743761	-78.4610238
SP87	0.95	0.302	10	8	-0.1743761	-78.4610238
SP88	1.1	0.350	10	8	-0.1743761	-78.4610238
SP89	1.84	0.585	14	8	-0.1743761	-78.4610238
SP90	0.95	0.302	13	8	-0.1743761	-78.4610238
SP91	1.52	0.483	11	8	-0.1743761	-78.4610238
SP92	1.61	0.512	10	8	-0.1743761	-78.4610238
SP93	1.57	0.499	12	8	-0.1743761	-78.4610238
SP94	2.39	0.760	21	9	-0.178463	-78.46651
SP95	2.48	0.789	28	9	-0.178463	-78.46651
SP96	2.1	0.668	37	9	-0.178463	-78.46651
SP97	1.98	0.630	18	9	-0.178463	-78.46651
SP98	1.87	0.595	42	9	-0.178463	-78.46651
SP99	2.2	0.700	23	9	-0.178463	-78.46651
SP100	2.4	0.763	33	9	-0.178463	-78.46651
SP101	1.87	0.595	24	9	-0.178463	-78.46651
SP102	1.93	0.614	21	9	-0.178463	-78.46651
SP103	2.04	0.649	19	9	-0.178463	-78.46651
SP104	2.09	0.665	22	9	-0.178463	-78.46651
SP105	1.83	0.582	19	9	-0.178463	-78.46651
SP106	1.97	0.627	21	9	-0.178463	-78.46651

SP107	1.16	0.369	18	10	-0.181717	-78.465883
SP108	2.11	0.671	17	10	-0.181717	-78.465883
SP109	1.3	0.413	19	10	-0.181717	-78.465883
SP110	1.9	0.604	22	10	-0.181717	-78.465883
SP111	1.87	0.595	19	10	-0.181717	-78.465883
SP112	1.92	0.611	23	10	-0.181717	-78.465883
SP113	2.2	0.700	23	10	-0.181717	-78.465883
SP114	1.5	0.477	27	10	-0.181717	-78.465883
SP115	2.3	0.732	23	10	-0.181717	-78.465883
SP116	1.52	0.483	20	10	-0.181717	-78.465883
SP117	1.91	0.607	22	10	-0.181717	-78.465883
SP118	1.87	0.595	27	10	-0.181717	-78.465883
SP119	1.98	0.630	25	10	-0.181717	-78.465883
SP120	3.09	0.983	23	11	-0.181717	-78.46606
SP121	1.85	0.588	15	11	-0.181717	-78.46606
SP122	1.7	0.541	13	11	-0.181717	-78.46606
SP123	2.1	0.668	18	11	-0.181717	-78.46606
SP124	2.5	0.795	18	11	-0.181717	-78.46606
SP125	2.7	0.859	25	11	-0.181717	-78.46606
SP126	1.9	0.604	24	11	-0.181717	-78.46606
SP127	2.4	0.763	22	11	-0.181717	-78.46606
SP128	1.8	0.572	32	11	-0.181717	-78.46606
SP129	1.7	0.541	24	11	-0.181717	-78.46606
SP130	0.79	0.251	16	12	-0.181717	-78.46642
SP131	0.53	0.168	13	12	-0.181717	-78.46642
SP132	1.47	0.467	16	12	-0.181717	-78.46642
SP133	2.49	0.792	17	12	-0.181717	-78.46642
SP134	1.2	0.381	18	12	-0.181717	-78.46642
SP135	1.6	0.509	25	12	-0.181717	-78.46642
SP136	1.54	0.490	24	12	-0.181717	-78.46642
SP137	1.48	0.471	22	12	-0.181717	-78.46642
SP138	1.9	0.604	32	12	-0.181717	-78.46642
SP139	1.8	0.572	24	12	-0.181717	-78.46642
SP140	2.1	0.668	28	12	-0.181717	-78.46642
SP141	2.3	0.732	26	12	-0.181717	-78.46642
SP142	2.57	0.818	19	13	-0.181717	-78.46543
SP143	1.37	0.436	23	13	-0.181717	-78.46543
SP144	1.61	0.512	19	13	-0.181717	-78.46543

SP145	1.09	0.346	22	13	-0.181717	-78.46543
SP146	2.3	0.732	18	13	-0.181717	-78.46543
SP147	2.1	0.668	25	13	-0.181717	-78.46543
SP148	1.9	0.604	20	13	-0.181717	-78.46543
SP149	1.7	0.541	22	13	-0.181717	-78.46543
SP150	2.1	0.668	23	13	-0.181717	-78.46543
SP151	2.2	0.700	20	13	-0.181717	-78.46543
SP152	1.92	0.611	23	13	-0.181717	-78.46543
SP153	2.2	0.700	25	13	-0.181717	-78.46543
SP154	1.77	0.563	24	14	-0.179457	-78.46327
SP155	0.9	0.286	16	14	-0.179457	-78.46327
SP156	0.69	0.219	18	14	-0.179457	-78.46327
SP157	0.82	0.261	15	14	-0.179457	-78.46327
SP158	0.67	0.213	20	14	-0.179457	-78.46327
SP159	1.8	0.572	24	14	-0.179457	-78.46327
SP160	1.6	0.509	16	14	-0.179457	-78.46327
SP161	0.9	0.286	18	14	-0.179457	-78.46327
SP162	1.23	0.391	28	14	-0.179457	-78.46327
SP163	1.12	0.356	26	14	-0.179457	-78.46327
SP164	1.25	0.397	23	14	-0.179457	-78.46327
SP165	1.22	0.388	30	14	-0.179457	-78.46327
SP166	1.1	0.350	18	15	-0.185153	-78.47126
SP167	1.87	0.595	43	15	-0.185153	-78.471323
SP168	2.2	0.700	36	15	-0.185153	-78.471323
SP169	2.4	0.763	40	15	-0.185153	-78.471323
SP170	1.9	0.604	19	15	-0.185153	-78.471323
SP171	1.7	0.541	44	15	-0.185153	-78.471323
SP172	2.1	0.668	27	15	-0.185153	-78.471323
SP173	2.2	0.700	30	15	-0.185153	-78.471323
SP174	1.92	0.611	35	15	-0.185153	-78.471323
SP175	2.2	0.700	41	15	-0.185153	-78.471323
SP176	1.77	0.563	36	15	-0.185153	-78.471323
SP177	0.9	0.286	26	16	-0.183975	-78.456366
SP178	0.69	0.219	45	16	-0.183885	-78.456366
SP179	0.82	0.261	29	16	-0.183885	-78.456366
SP180	0.67	0.213	19	16	-0.183885	-78.456366
SP181	1.8	0.572	28	16	-0.183885	-78.456366
SP182	1.6	0.509	43	16	-0.183885	-78.456366

SP183	1.5	0.477	34	16	-0.183885	-78.456366
SP184	2.3	0.732	39	16	-0.183885	-78.456366
SP185	1.52	0.483	26	16	-0.183885	-78.456366
SP186	1.91	0.607	20	16	-0.183885	-78.456366
SP187	1.87	0.595	36	16	-0.183885	-78.456366
SP188	1.98	0.630	27	16	-0.183885	-78.456366
SP189	3.09	0.983	38	17	-0.185783	-78.456366
SP190	1.85	0.588	20	17	-0.185783	-78.456366
SP191	1.7	0.541	24	17	-0.185783	-78.456366
SP192	2.1	0.668	26	17	-0.185783	-78.456366
SP193	0.69	0.219	38	17	-0.185783	-78.456366
SP194	0.82	0.261	31	17	-0.185783	-78.456366
SP195	0.67	0.213	38	17	-0.185783	-78.456366
SP196	1.8	0.572	28	17	-0.185783	-78.456366
SP197	1.6	0.509	38	17	-0.185783	-78.456366
SP198	1.5	0.477	44	17	-0.185783	-78.456366
SP199	2.3	0.732	26	17	-0.185783	-78.456366
SP200	1.52	0.483	19	17	-0.185783	-78.456366
SP201	1.91	0.607	35	18	-0.188314	-78.45852
SP202	1.87	0.595	29	18	-0.188314	-78.45852
SP203	1.2	0.381	20	18	-0.188314	-78.45852
SP204	1.6	0.509	22	18	-0.188314	-78.45852
SP205	1.54	0.490	36	18	-0.188314	-78.45852
SP206	0.9	0.286	41	18	-0.188314	-78.45852
SP207	0.69	0.219	31	18	-0.188314	-78.45852
SP208	0.82	0.261	20	18	-0.188314	-78.45852
SP209	0.67	0.213	20	18	-0.188314	-78.45852
SP210	1.8	0.572	25	18	-0.188314	-78.45852
SP211	1.6	0.509	34	18	-0.188314	-78.45852
SP212	1.5	0.477	33	19	-0.185784	-78.462111
SP213	2.3	0.732	22	19	-0.185784	-78.462111
SP214	1.52	0.483	31	19	-0.185784	-78.462111
SP215	1.91	0.607	41	19	-0.185784	-78.462111
SP216	1.87	0.595	31	19	-0.185784	-78.462111
SP217	1.98	0.630	39	19	-0.185784	-78.462111
SP218	3.09	0.983	27	19	-0.185784	-78.462111
SP219	1.85	0.588	28	19	-0.185784	-78.462111
SP220	1.7	0.541	20	19	-0.185784	-78.462111

SP221	2.1	0.668	30	19	-0.185784	-78.462111
SP222	0.69	0.219	22	19	-0.185784	-78.462111
SP223	0.82	0.261	44	19	-0.185784	-78.462111
SP224	0.67	0.213	26	19	-0.185784	-78.462111
SP225	1.8	0.572	23	19	-0.185784	-78.462111
SP226	1.6	0.509	37	20	-0.187501	-78.463817
SP227	1.9	0.604	42	20	-0.187501	-78.463817
SP228	1.8	0.572	44	20	-0.187501	-78.463817
SP229	2.1	0.668	28	20	-0.187501	-78.463817
SP230	2.3	0.732	19	20	-0.187501	-78.463817
SP231	2.57	0.818	33	20	-0.187501	-78.463817
SP232	1.37	0.436	25	20	-0.187501	-78.463817
SP233	1.61	0.512	23	20	-0.187501	-78.463817
SP234	1.09	0.346	32	20	-0.187501	-78.463817
SP235	2.3	0.732	42	20	-0.187501	-78.463817
SP236	1.16	0.369	20	20	-0.187501	-78.463817
SP237	2.11	0.671	43	20	-0.187501	-78.463817
SP238	1.3	0.413	35	20	-0.187501	-78.463817
SP239	1.9	0.604	24	21	-0.18949	-78.465253
SP240	1.87	0.595	27	21	-0.18949	-78.465253
SP241	0.9	0.289	41	21	-0.18949	-78.465253
SP242	0.69	0.219	20	21	-0.18949	-78.465253
SP243	0.82	0.261	45	21	-0.18949	-78.465253
SP244	0.67	0.213	44	21	-0.18949	-78.465253
SP245	1.8	0.572	22	21	-0.18949	-78.465253
SP246	1.6	0.509	26	21	-0.18949	-78.465253
SP247	1.5	0.477	36	21	-0.18949	-78.465253
SP248	2.3	0.732	20	21	-0.18949	-78.465253
SP249	1.52	0.483	39	21	-0.18949	-78.465253
SP250	1.91	0.607	41	22	-0.165266	-78.456009
SP251	1.87	0.595	20	22	-0.165266	-78.456009
SP252	1.98	0.630	23	22	-0.165266	-78.456009
SP253	3.09	0.983	19	22	-0.165266	-78.456009
SP254	1.85	0.588	42	22	-0.165266	-78.456009
SP255	1.7	0.541	20	22	-0.165266	-78.456009
SP256	2.1	0.668	42	22	-0.165266	-78.456009
SP257	0.69	0.219	45	22	-0.165266	-78.456009
SP258	0.82	0.261	18	22	-0.165266	-78.456009

SP259	0.67	0.213	45	22	-0.165266	-78.456009
SP260	1.8	0.572	32	22	-0.165266	-78.456009
SP261	1.6	0.509	23	23	-0.167706	-78.454752
SP262	2.49	0.792	45	23	-0.167706	-78.454752
SP263	1.2	0.381	31	23	-0.167706	-78.454752
SP264	1.6	0.509	32	23	-0.167706	-78.454752
SP265	1.54	0.490	19	23	-0.167706	-78.454752
SP266	1.48	0.471	33	23	-0.167706	-78.454752
SP267	1.9	0.604	41	23	-0.167706	-78.454752
SP268	0.9	0.286	44	23	-0.167706	-78.454752
SP269	1.05	0.334	35	23	-0.167706	-78.454752
SP270	1.3	0.413	27	23	-0.167706	-78.454752
SP271	1.34	0.426	26	23	-0.167706	-78.454752
SP272	1.64	0.522	18	23	-0.167706	-78.454752
SP273	1.6	0.509	37	23	-0.167706	-78.454752
SP274	1.44	0.458	30	24	-0.172768	-78.45547
SP275	1.2	0.381	28	24	-0.172768	-78.45547
SP276	1.5	0.477	21	24	-0.172768	-78.45547
SP277	1.4	0.445	22	24	-0.172768	-78.45547
SP278	1.3	0.413	36	24	-0.172768	-78.45547
SP279	1.6	0.509	18	24	-0.172768	-78.45547
SP280	0.9	0.286	26	24	-0.172768	-78.45547
SP281	1.05	0.334	22	24	-0.172768	-78.45547
SP282	1.3	0.413	40	24	-0.172768	-78.45547
SP283	1.34	0.426	40	24	-0.172768	-78.45547
SP284	1.64	0.522	42	24	-0.172768	-78.45547
SP285	1.6	0.509	29	24	-0.172768	-78.45547
SP286	1.44	0.458	37	25	-0.174938	-78.459958
SP287	1.2	0.381	25	25	-0.174938	-78.459958
SP288	1.5	0.477	41	25	-0.174938	-78.459958
SP289	1.4	0.445	45	25	-0.174938	-78.459958
SP290	1.3	0.413	29	25	-0.174938	-78.459958
SP291	1.6	0.509	21	25	-0.174938	-78.459958
SP292	1.3	0.413	36	25	-0.174938	-78.459958
SP293	1.1	0.350	39	25	-0.174938	-78.459958
SP294	0.9	0.286	27	25	-0.174938	-78.459958
SP295	1.05	0.334	21	25	-0.174938	-78.459958
SP296	1.3	0.413	36	25	-0.174938	-78.459958

SP297	1.34	0.426	39	26	-0.176294	-78.461843
SP298	1.64	0.522	24	26	-0.176294	-78.461843
SP299	1.6	0.509	22	26	-0.176294	-78.461843
SP300	1.44	0.458	36	26	-0.176294	-78.461843
SP301	1.2	0.381	42	26	-0.176294	-78.461843
SP302	1.5	0.477	20	26	-0.176294	-78.461843
SP303	1.4	0.445	21	26	-0.176294	-78.461843
SP304	1.3	0.413	25	26	-0.176294	-78.461843
SP305	1.6	0.509	41	26	-0.176294	-78.461843
SP306	1.3	0.413	19	26	-0.176294	-78.461843
SP307	0.9	0.286	39	26	-0.176294	-78.461843
SP308	1.05	0.334	44	26	-0.176294	-78.461843
SP309	1.3	0.413	27	27	-0.178102	-78,470,103
SP310	1.34	0.426	31	27	-0.178102	-78,470,103
SP311	1.64	0.522	39	27	-0.178102	-78,470,103
SP312	1.6	0.509	33	27	-0.178102	-78,470,103
SP313	1.44	0.458	42	27	-0.178102	-78,470,103
SP314	1.2	0.381	28	27	-0.178102	-78,470,103
SP315	1.5	0.477	40	27	-0.178102	-78,470,103
SP316	1.4	0.445	22	27	-0.178102	-78,470,103
SP317	1.3	0.413	38	27	-0.178102	-78,470,103
SP318	1.6	0.509	41	27	-0.178102	-78,470,103
SP319	1.3	0.413	40	27	-0.178102	-78,470,103
SP320	1.1	0.350	28	27	-0.178102	-78,470,103
SP321	1.4	0.445	43	27	-0.178102	-78,470,103
SP322	1.5	0.477	20	28	-0.180814	-78.47118
SP323	1.7	0.541	39	28	-0.180814	-78.47118
SP324	1.6	0.509	40	28	-0.180814	-78.47118
SP325	0.87	0.276	31	28	-0.180814	-78.47118
SP326	2.06	0.655	19	28	-0.180814	-78.47118
SP327	2.07	0.658	19	28	-0.180814	-78.47118
SP328	1.83	0.582	23	28	-0.180814	-78.47118
SP329	1.04	0.331	31	28	-0.180814	-78.47118
SP330	0.9	0.286	31	28	-0.180814	-78.47118
SP331	1.05	0.334	28	28	-0.180814	-78.47118
SP332	1.3	0.413	43	28	-0.180814	-78.47118
SP333	1.34	0.426	28	29	-0.183164	-78.472257
SP334	1.64	0.522	43	29	-0.183164	-78.472257

SP335	1.6	0.509	25	29	-0.183164	-78.472257
SP336	1.44	0.458	22	29	-0.183164	-78.472257
SP337	1.2	0.381	38	29	-0.183164	-78.472257
SP338	1.5	0.477	45	29	-0.183164	-78.472257
SP339	1.4	0.445	26	29	-0.183164	-78.472257
SP340	0.9	0.286	20	29	-0.183164	-78.472257
SP341	0.69	0.219	35	29	-0.183164	-78.472257
SP342	0.82	0.261	37	29	-0.183164	-78.472257
SP343	0.67	0.213	34	29	-0.183164	-78.472257
SP344	1.8	0.572	41	29	-0.183164	-78.472257
SP345	1.6	0.509	41	29	-0.183164	-78.472257
SP346	1.5	0.477	25	30	-0.186237	-78.469024
SP347	2.3	0.732	23	30	-0.186237	-78.469024
SP348	1.52	0.483	41	30	-0.186237	-78.469024
SP349	1.91	0.607	45	30	-0.186237	-78.469024
SP350	1.87	0.595	32	30	-0.186237	-78.469024
SP351	1.98	0.630	23	30	-0.186237	-78.469024
SP352	3.09	0.983	43	30	-0.186237	-78.469024
SP353	1.85	0.588	37	30	-0.186237	-78.469024
SP354	1.7	0.541	18	30	-0.186237	-78.469024
SP355	2.1	0.668	38	30	-0.186237	-78.469024
SP356	0.69	0.219	42	30	-0.186237	-78.469024
SP357	0.82	0.261	38	30	-0.186237	-78.469024
SP358	0.67	0.213	19	31	-0.182531	-78.466421
SP359	1.8	0.572	44	31	-0.182531	-78.466421
SP360	1.6	0.509	25	31	-0.182531	-78.466421
SP361	1.3	0.413	42	31	-0.182531	-78.466421
SP362	1.6	0.509	21	31	-0.182531	-78.466421
SP363	1.3	0.413	26	31	-0.182531	-78.466421
SP364	1.1	0.350	26	31	-0.182531	-78.466421
SP365	1.4	0.445	26	31	-0.182531	-78.466421
SP366	1.5	0.477	42	31	-0.182531	-78.466421
SP367	1.7	0.541	21	31	-0.182531	-78.466421
SP368	1.6	0.509	25	31	-0.182531	-78.466421
SP369	0.87	0.276	19	31	-0.182531	-78.466421
SP370	2.06	0.655	36	32	-0.184972	-78.469653
SP371	2.07	0.658	41	32	-0.184972	-78.469653
SP372	1.83	0.582	19	32	-0.184972	-78.469653

SP373	1.04	0.331	29	32	-0.184972	-78.469653
SP374	0.9	0.286	18	32	-0.184972	-78.469653
SP375	1.05	0.334	22	32	-0.184972	-78.469653
SP376	1.3	0.413	37	32	-0.184972	-78.469653
SP377	1.34	0.426	30	32	-0.184972	-78.469653
SP378	1.64	0.522	25	32	-0.184972	-78.469653
SP379	1.6	0.509	26	32	-0.184972	-78.469653
SP380	1.44	0.458	30	32	-0.184972	-78.469653
SP381	1.2	0.381	31	32	-0.184972	-78.469653
SP382	1.5	0.477	39	32	-0.184972	-78.469653
SP383	1.4	0.445	26	33	-0.185965	-78.4666
SP384	1.3	0.413	33	33	-0.185965	-78.4666
SP385	1.6	0.509	39	33	-0.185965	-78.4666
SP386	0.9	0.286	44	33	-0.185965	-78.4666
SP387	0.69	0.219	24	33	-0.185965	-78.4666
SP388	0.82	0.261	45	33	-0.185965	-78.4666
SP389	0.67	0.213	44	33	-0.185965	-78.4666
SP390	1.8	0.572	23	33	-0.185965	-78.4666
SP391	1.6	0.509	34	33	-0.185965	-78.4666
SP392	1.5	0.477	36	33	-0.185965	-78.4666
SP393	2.3	0.732	20	33	-0.185965	-78.4666
SP394	1.52	0.483	35	34	-0.187502	-78.467588
SP395	1.91	0.607	39	34	-0.187502	-78.467588
SP396	1.87	0.595	43	34	-0.187502	-78.467588
SP397	1.98	0.630	25	34	-0.187502	-78.467588
SP398	3.09	0.983	19	34	-0.187502	-78.467588
SP399	1.85	0.588	34	34	-0.187502	-78.467588
SP400	1.7	0.541	23	34	-0.187502	-78.467588
SP401	2.1	0.668	42	34	-0.187502	-78.467588
SP402	0.69	0.219	43	34	-0.187502	-78.467588
SP403	0.82	0.261	34	34	-0.187502	-78.467588
SP404	0.67	0.213	31	34	-0.187502	-78.467588
SP405	1.8	0.572	25	35	-0.188677	-78.466779
SP406	1.6	0.509	32	35	-0.188677	-78.466779
SP407	0.9	0.286	34	35	-0.188677	-78.466779
SP408	0.92	0.292	43	35	-0.188677	-78.466779
SP409	0.94	0.299	25	35	-0.188677	-78.466779
SP410	0.87	0.276	43	35	-0.188677	-78.466779

SP411	0.84	0.267	18	35	-0.188677	-78.466779
SP412	0.9	0.286	42	35	-0.188677	-78.466779
SP413	0.69	0.219	30	35	-0.188677	-78.466779
SP414	0.82	0.261	20	35	-0.188677	-78.466779
SP415	0.67	0.213	30	36	-0.183344	-78.46292
SP416	1.8	0.572	44	36	-0.183344	-78.46292
SP417	1.6	0.509	24	36	-0.183344	-78.46292
SP418	1.5	0.477	28	36	-0.183344	-78.46292
SP419	2.3	0.732	24	36	-0.183344	-78.46292
SP420	1.52	0.483	20	36	-0.183344	-78.46292
SP421	1.91	0.607	28	36	-0.183344	-78.46292
SP422	1.87	0.595	38	36	-0.183344	-78.46292
SP423	1.98	0.630	20	36	-0.183344	-78.46292
SP424	3.09	0.983	37	36	-0.183344	-78.46292
SP425	1.85	0.588	39	37	-0.182621	78,465,613
SP426	1.7	0.541	22	37	-0.182621	78,465,613
SP427	2.1	0.668	32	37	-0.182621	78,465,613
SP428	0.69	0.219	41	37	-0.182621	78,465,613
SP429	0.82	0.261	19	37	-0.182621	78,465,613
SP430	0.67	0.213	33	37	-0.182621	78,465,613
SP431	1.8	0.572	40	37	-0.182621	78,465,613
SP432	1.6	0.509	36	37	-0.182621	78,465,613
SP433	1.2	0.381	21	37	-0.182621	78,465,613
SP434	1.62	0.515	42	37	-0.182621	78,465,613
SP435	1.7	0.541	20	37	-0.182621	78,465,613
SP436	1.52	0.483	20	38	-0.172135	-78.454841
SP437	1.43	0.455	39	38	-0.172135	-78.454841
SP438	1.32	0.420	36	38	-0.172135	-78.454841
SP439	1.61	0.512	44	38	-0.172135	-78.454841
SP440	1.91	0.607	21	38	-0.172135	-78.454841
SP441	1	0.318	37	38	-0.172135	-78.454841
SP442	1.87	0.595	19	38	-0.172135	-78.454841
SP443	2.21	0.703	37	38	-0.172135	-78.454841
SP444	1.52	0.483	26	38	-0.172135	-78.454841
SP445	2.1	0.668	35	38	-0.172135	-78.454841
SP446	0.9	0.286	35	38	-0.172135	-78.454841
SP447	0.69	0.219	28	38	-0.172135	-78.454841
SP448	0.82	0.261	45	39	-0.170779	-78.45529

SP449	0.67	0.213	23	39	-0.170779	-78.45529
SP450	1.8	0.572	44	39	-0.170779	-78.45529
SP451	1.6	0.509	32	39	-0.170779	-78.45529
SP452	1.5	0.477	27	39	-0.170779	-78.45529
SP453	2.3	0.732	18	39	-0.170779	-78.45529
SP454	1.52	0.483	19	39	-0.170779	-78.45529
SP455	1.91	0.607	18	39	-0.170779	-78.45529
SP456	1.87	0.595	37	39	-0.170779	-78.45529
SP457	1.98	0.630	20	39	-0.170779	-78.45529
SP458	3.09	0.983	23	39	-0.170779	-78.45529
SP459	1.85	0.588	26	40	-0.170147	-78.457086
SP460	1.7	0.541	34	40	-0.170147	-78.457086
SP461	2.1	0.668	35	40	-0.170147	-78.457086
SP462	0.69	0.219	24	40	-0.170147	-78.457086
SP463	0.82	0.261	40	40	-0.170147	-78.457086
SP464	0.67	0.213	23	40	-0.170147	-78.457086
SP465	1.8	0.572	45	40	-0.170147	-78.457086
SP466	1.6	0.509	38	40	-0.170147	-78.457086
SP467	1.87	0.595	34	40	-0.170147	-78.457086
SP468	0.82	0.261	43	40	-0.170147	-78.457086
SP469	0.67	0.213	24	40	-0.170147	-78.457086
SP470	1.8	0.572	28	40	-0.170147	-78.457086
SP471	1.6	0.509	44	41	-0.170418	-78.459959
SP472	1.5	0.477	35	41	-0.170418	-78.459959
SP473	2.3	0.732	24	41	-0.170418	-78.459959
SP474	1.52	0.483	37	41	-0.170418	-78.459959
SP475	1.91	0.607	23	41	-0.170418	-78.459959
SP476	1.87	0.595	19	41	-0.170418	-78.459959
SP477	1.98	0.630	36	41	-0.170418	-78.459959
SP478	3.09	0.983	25	41	-0.170418	-78.459959
SP479	1.85	0.588	20	41	-0.170418	-78.459959
SP480	1.7	0.541	37	42	-0.169515	-78.461575
SP481	2.1	0.668	18	42	-0.169515	-78.461575
SP482	0.69	0.219	20	42	-0.169515	-78.461575
SP483	1.3	0.413	28	42	-0.169515	-78.461575
SP484	1.34	0.426	38	42	-0.169515	-78.461575
SP485	1.64	0.522	24	42	-0.169515	-78.461575
SP486	1.6	0.509	34	42	-0.169515	-78.461575

SP487	1.44	0.458	28	42	-0.169515	-78.461575
SP488	1.2	0.381	42	42	-0.169515	-78.461575
SP489	1.5	0.477	45	43	-0.167075	-78.464538
SP490	1.4	0.445	22	43	-0.167075	-78.464538
SP491	1.3	0.413	41	43	-0.167075	-78.464538
SP492	1.6	0.509	31	43	-0.167075	-78.464538
SP493	0.9	0.286	18	43	-0.167075	-78.464538
SP494	1.05	0.334	39	43	-0.167075	-78.464538
SP495	1.3	0.413	43	43	-0.167075	-78.464538
SP496	1.34	0.426	20	43	-0.167075	-78.464538
SP497	1.64	0.522	40	43	-0.167075	-78.464538
SP498	1.6	0.509	24	43	-0.167075	-78.464538
SP499	0.9	0.286	32	44	-0.169334	-78.465166
SP500	1.1	0.350	24	44	-0.169334	-78.465166
SP501	0.8	0.254	19	44	-0.169334	-78.465166
SP502	0.78	0.248	24	44	-0.169334	-78.465166
SP503	0.92	0.292	26	44	-0.169334	-78.465166
SP504	0.64	0.203	30	44	-0.169334	-78.465166
SP505	0.59	0.187	28	44	-0.169334	-78.465166
SP506	0.79	0.251	26	44	-0.169334	-78.465166
SP507	0.86	0.273	29	44	-0.169334	-78.465166
SP508	0.78	0.248	28	45	-0.171865	-78.466961
SP509	0.89	0.283	31	45	-0.171865	-78.466961
SP510	0.93	0.296	26	45	-0.171865	-78.466961
SP511	1.2	0.381	26	45	-0.171865	-78.466961
SP512	0.88	0.280	29	45	-0.171865	-78.466961
SP513	0.76	0.241	32	45	-0.171865	-78.466961
SP514	0.74	0.235	37	45	-0.171865	-78.466961
SP515	0.95	0.302	34	45	-0.171865	-78.466961
SP516	0.97	0.308	29	45	-0.171865	-78.466961
SP517	1.7	0.541	39	46	-0.174035	-78.469475
SP518	1.2	0.381	36	46	-0.174035	-78.469475
SP519	0.98	0.311	28	46	-0.174035	-78.469475
SP520	0.87	0.276	27	46	-0.174035	-78.469475
SP521	0.96	0.305	34	46	-0.174035	-78.469475
SP522	0.85	0.270	32	46	-0.174035	-78.469475
SP523	1.3	0.413	27	46	-0.174035	-78.469475
SP524	1.45	0.461	35	46	-0.174035	-78.469475

SP525	2	0.636	28	46	-0.174035	-78.469475
SP526	2.3	0.732	27	46	-0.174035	-78.469475
SP527	2.8	0.891	35	47	-0.178011	-78.465075
SP528	2.9	0.923	32	47	-0.178011	-78.465075
SP529	1.7	0.541	27	47	-0.178011	-78.465075
SP530	1.29	0.410	36	47	-0.178011	-78.465075
SP531	1.32	0.420	28	47	-0.178011	-78.465075
SP532	2.6	0.827	21	47	-0.178011	-78.465075
SP533	2.81	0.894	24	47	-0.178011	-78.465075
SP534	1.73	0.550	33	47	-0.178011	-78.465075
SP535	1.67	0.531	29	47	-0.178011	-78.465075
SP536	2.91	0.926	26	47	-0.178011	-78.465075
SP537	1.86	0.592	23	47	-0.178011	-78.465075
SP538	3.2	1.018	32	48	-0.181718	-78.471808
SP539	2.9	0.923	35	48	-0.181718	-78.471808
SP540	2.1	0.668	28	48	-0.181718	-78.471808
SP541	2.7	0.859	37	48	-0.181718	-78.471808
SP542	2.4	0.763	27	48	-0.181718	-78.471808
SP543	2.8	0.891	24	48	-0.181718	-78.471808
SP544	2.5	0.795	32	48	-0.181718	-78.471808
SP545	1.8	0.572	29	48	-0.181718	-78.471808
SP546	3.2	1.018	27	48	-0.181718	-78.471808
SP547	2.6	0.827	26	48	-0.181718	-78.471808
SP548	3.4	1.082	31	48	-0.181718	-78.471808
SP549	3.8	1.209	26	48	-0.181718	-78.471808
SP550	2.2	0.700	32	49	-0.183435	-78.472436
SP551	3.4	1.082	27	49	-0.183435	-78.472436
SP552	3.8	1.209	33	49	-0.183435	-78.472436
SP553	2.9	0.923	28	49	-0.183435	-78.472436
SP554	2.7	0.859	38	49	-0.183435	-78.472436
SP555	1.5	0.477	27	49	-0.183435	-78.472436
SP556	1.7	0.541	39	49	-0.183435	-78.472436
SP557	1.9	0.604	35	49	-0.183435	-78.472436
SP558	0.8	0.254	23	49	-0.183435	-78.472436
SP559	2.21	0.703	36	49	-0.183435	-78.472436
SP560	2.3	0.732	34	49	-0.183435	-78.472436
SP561	1.7	0.541	31	49	-0.183435	-78.472436
SP562	3	0.954	37	49	-0.183435	-78.472436

SP563	2.7	0.859	39	50	-0.16882	-78.461216
SP564	2.5	0.795	28	50	-0.16882	-78.461216
SP565	1.8	0.572	27	50	-0.16882	-78.461216
SP566	1.5	0.477	29	50	-0.16882	-78.461216
SP567	2.9	0.923	25	50	-0.16882	-78.461216
SP568	3.2	1.018	31	50	-0.16882	-78.461216
SP569	3.6	1.145	36	50	-0.16882	-78.461216
SP570	3.9	1.241	26	50	-0.16882	-78.461216
SP571	1.2	0.381	28	50	-0.16882	-78.461216
SP572	0.8	0.254	27	50	-0.16882	-78.461216
SP573	0.76	0.241	26	50	-0.16882	-78.461216
SP574	0.82	0.261	24	50	-0.16882	-78.461216
SP575	0.94	0.299	22	50	-0.16882	-78.461216

ANEXO 2: Estimaciones de Biomasa, Carbono total y CO₂ fijado

Con datos obtenidos en campo, a través de ecuaciones alométricas, se calculó en Kg: biomasa aérea, biomasa radicular, carbono aéreo, carbono radicular, carbono total y CO₂ fijado, en los 575 especímenes medidos.

ARBOLES	BIOMASA AEREA	BIO RADICULAR	BIOMASA TOTAL	CARBONO AEREO	CARBONO RADICULAR	CARBONO TOTAL	CO2
SP1	38,437	19,219	57,656	28,828	6,919	35,747	0,131
SP2	38,257	19,129	57,386	28,693	6,886	35,579	0,13
SP3	38,883	19,441	58,324	29,162	6,999	36,161	0,133
SP4	38,583	19,291	57,874	28,937	6,945	35,882	0,132
SP5	38,877	19,439	58,316	29,158	6,998	36,156	0,133
SP6	38,724	19,362	58,086	29,043	6,97	36,013	0,132
SP7	38,474	19,237	57,711	28,856	6,925	35,781	0,131
SP8	38,422	19,211	57,633	28,816	6,916	35,732	0,131
SP9	38,173	19,087	57,26	28,63	6,871	35,501	0,13
SP10	38,227	19,114	57,341	28,671	6,881	35,552	0,13
SP11	38,341	19,171	57,512	28,756	6,901	35,657	0,131
SP12	38,576	19,288	57,865	28,932	6,944	35,876	0,132
SP13	38,296	19,148	57,444	28,722	6,893	35,616	0,131
SP14	38,39	19,195	57,584	28,792	6,91	35,702	0,131
SP15	38,478	19,239	57,717	28,858	6,926	35,784	0,131
SP16	38,172	19,086	57,258	28,629	6,871	35,5	0,13
SP17	38,478	19,239	57,717	28,858	6,926	35,784	0,131
SP18	38,674	19,337	58,011	29,006	6,961	35,967	0,132
SP19	38,368	19,184	57,553	28,776	6,906	35,683	0,131
SP20	38,282	19,141	57,422	28,711	6,891	35,602	0,131
SP21	38,092	19,046	57,137	28,569	6,856	35,425	0,13
SP22	38,178	19,089	57,266	28,633	6,872	35,505	0,13
SP23	38,923	19,461	58,384	29,192	7,006	36,198	0,133
SP24	37,833	18,916	56,749	28,375	6,81	35,184	0,129
SP25	37,871	18,935	56,806	28,403	6,817	35,22	0,129
SP26	38,047	19,023	57,07	28,535	6,848	35,383	0,13
SP27	38,767	19,384	58,151	29,076	6,978	36,054	0,132
SP28	38,604	19,302	57,907	28,953	6,949	35,902	0,132
SP29	38,7	19,35	58,051	29,025	6,966	35,991	0,132
SP30	38,436	19,218	57,654	28,827	6,919	35,746	0,131
SP31	38,533	19,266	57,799	28,899	6,936	35,835	0,131

SP32	38,898	19,449	58,348	29,174	7,002	36,175	0,133
SP33	39	19,5	58,5	29,25	7,02	36,27	0,133
SP34	38,706	19,353	58,058	29,029	6,967	35,996	0,132
SP35	38,614	19,307	57,921	28,96	6,95	35,911	0,132
SP36	39,006	19,503	58,508	29,254	7,021	36,275	0,133
SP37	38,617	19,308	57,925	28,963	6,951	35,914	0,132
SP38	38,891	19,446	58,337	29,168	7	36,169	0,133
SP39	38,874	19,437	58,311	29,156	6,997	36,153	0,133
SP40	38,859	19,43	58,289	29,144	6,995	36,139	0,132
SP41	38,928	19,464	58,391	29,196	7,007	36,203	0,133
SP42	38,965	19,482	58,447	29,224	7,014	36,237	0,133
SP43	39,053	19,527	58,58	29,29	7,03	36,32	0,133
SP44	39,207	19,604	58,811	29,405	7,057	36,463	0,134
SP45	38,873	19,437	58,31	29,155	6,997	36,152	0,133
SP46	38,61	19,305	57,916	28,958	6,95	35,908	0,132
SP47	38,835	19,417	58,252	29,126	6,99	36,116	0,132
SP48	38,514	19,257	57,771	28,886	6,933	35,818	0,131
SP49	37,913	18,957	56,87	28,435	6,824	35,259	0,129
SP50	37,492	18,746	56,238	28,119	6,749	34,868	0,128
SP51	39,313	19,657	58,97	29,485	7,076	36,561	0,134
SP52	38,177	19,089	57,266	28,633	6,872	35,505	0,13
SP53	37,706	18,853	56,559	28,28	6,787	35,067	0,129
SP54	38,884	19,442	58,325	29,163	6,999	36,162	0,133
SP55	37,943	18,972	56,915	28,457	6,83	35,287	0,129
SP56	38,19	19,095	57,285	28,642	6,874	35,516	0,13
SP57	37,795	18,898	56,693	28,346	6,803	35,15	0,129
SP58	37,624	18,812	56,436	28,218	6,772	34,99	0,128
SP59	37,97	18,985	56,955	28,477	6,835	35,312	0,129
SP60	39,164	19,582	58,747	29,373	7,05	36,423	0,134
SP61	38,58	19,29	57,869	28,935	6,944	35,879	0,132
SP62	38,359	19,18	57,539	28,77	6,905	35,674	0,131
SP63	38,534	19,267	57,8	28,9	6,936	35,836	0,131
SP64	38,614	19,307	57,92	28,96	6,95	35,911	0,132
SP65	38,232	19,116	57,348	28,674	6,882	35,556	0,13
SP66	38,124	19,062	57,186	28,593	6,862	35,455	0,13
SP67	38,283	19,141	57,424	28,712	6,891	35,603	0,131
SP68	38,377	19,188	57,565	28,783	6,908	35,69	0,131
SP69	38,507	19,253	57,76	28,88	6,931	35,811	0,131

SP70	38,218	19,109	57,327	28,664	6,879	35,543	0,13
SP71	38,1	19,05	57,15	28,575	6,858	35,433	0,13
SP72	38,871	19,436	58,307	29,154	6,997	36,15	0,133
SP73	38,16	19,08	57,24	28,62	6,869	35,489	0,13
SP74	37,875	18,937	56,812	28,406	6,817	35,224	0,129
SP75	38,335	19,168	57,503	28,751	6,9	35,652	0,131
SP76	37,818	18,909	56,727	28,364	6,807	35,171	0,129
SP77	37,913	18,957	56,87	28,435	6,824	35,26	0,129
SP78	37,692	18,846	56,538	28,269	6,785	35,054	0,129
SP79	38,057	19,029	57,086	28,543	6,85	35,393	0,13
SP80	38,08	19,04	57,12	28,56	6,854	35,414	0,13
SP81	38,001	19,001	57,002	28,501	6,84	35,341	0,13
SP82	38,005	19,002	57,007	28,503	6,841	35,344	0,13
SP83	38,712	19,356	58,068	29,034	6,968	36,002	0,132
SP84	38,779	19,39	58,169	29,085	6,98	36,065	0,132
SP85	38,693	19,346	58,039	29,02	6,965	35,984	0,132
SP86	37,875	18,937	56,812	28,406	6,817	35,224	0,129
SP87	38,82	19,41	58,229	29,115	6,988	36,102	0,132
SP88	38,659	19,33	57,989	28,995	6,959	35,953	0,132
SP89	37,909	18,954	56,863	28,431	6,824	35,255	0,129
SP90	38,826	19,413	58,239	29,119	6,989	36,108	0,132
SP91	38,218	19,109	57,326	28,663	6,879	35,542	0,13
SP92	38,119	19,06	57,179	28,589	6,861	35,451	0,13
SP93	38,17	19,085	57,255	28,627	6,871	35,498	0,13
SP94	37,447	18,723	56,17	28,085	6,74	34,825	0,128
SP95	37,458	18,729	56,186	28,093	6,742	34,836	0,128
SP96	37,869	18,934	56,803	28,401	6,816	35,218	0,129
SP97	37,797	18,899	56,696	28,348	6,804	35,152	0,129
SP98	38,091	19,046	57,137	28,568	6,856	35,425	0,13
SP99	37,645	18,823	56,468	28,234	6,776	35,01	0,128
SP100	37,592	18,796	56,387	28,194	6,766	34,96	0,128
SP101	37,955	18,977	56,932	28,466	6,832	35,298	0,129
SP102	37,868	18,934	56,803	28,401	6,816	35,218	0,129
SP103	37,751	18,876	56,627	28,313	6,795	35,109	0,129
SP104	37,734	18,867	56,602	28,301	6,792	35,093	0,129
SP105	37,953	18,976	56,929	28,465	6,832	35,296	0,129
SP106	37,83	18,915	56,746	28,373	6,809	35,182	0,129
SP107	38,618	19,309	57,928	28,964	6,951	35,915	0,132

SP108	37,663	18,832	56,495	28,248	6,779	35,027	0,128
SP109	38,479	19,239	57,718	28,859	6,926	35,785	0,131
SP110	37,906	18,953	56,86	28,43	6,823	35,253	0,129
SP111	37,915	18,957	56,872	28,436	6,825	35,261	0,129
SP112	37,901	18,95	56,851	28,425	6,822	35,247	0,129
SP113	37,645	18,823	56,468	28,234	6,776	35,01	0,128
SP114	38,318	19,159	57,477	28,738	6,897	35,636	0,131
SP115	37,556	18,778	56,334	28,167	6,76	34,927	0,128
SP116	38,264	19,132	57,396	28,698	6,887	35,585	0,13
SP117	37,897	18,949	56,846	28,423	6,821	35,244	0,129
SP118	37,978	18,989	56,967	28,483	6,836	35,319	0,129
SP119	37,861	18,93	56,791	28,396	6,815	35,211	0,129
SP120	36,872	18,436	55,308	27,654	6,637	34,291	0,126
SP121	37,901	18,951	56,852	28,426	6,822	35,248	0,129
SP122	38,038	19,019	57,058	28,529	6,847	35,376	0,13
SP123	37,682	18,841	56,523	28,261	6,783	35,044	0,128
SP124	37,309	18,654	55,963	27,982	6,716	34,697	0,127
SP125	37,239	18,619	55,858	27,929	6,703	34,632	0,127
SP126	37,925	18,962	56,887	28,444	6,826	35,27	0,129
SP127	37,448	18,724	56,172	28,086	6,741	34,827	0,128
SP128	38,073	19,037	57,11	28,555	6,853	35,408	0,13
SP129	38,111	19,056	57,167	28,583	6,86	35,443	0,13
SP130	39,001	19,5	58,501	29,25	7,02	36,271	0,133
SP131	39,278	19,639	58,917	29,459	7,07	36,529	0,134
SP132	38,291	19,146	57,437	28,718	6,892	35,611	0,131
SP133	37,303	18,652	55,955	27,977	6,715	34,692	0,127
SP134	38,577	19,288	57,865	28,932	6,944	35,876	0,132
SP135	38,212	19,106	57,318	28,659	6,878	35,537	0,13
SP136	38,263	19,132	57,395	28,697	6,887	35,585	0,13
SP137	38,31	19,155	57,465	28,732	6,896	35,628	0,131
SP138	37,987	18,993	56,98	28,49	6,838	35,328	0,13
SP139	38,017	19,009	57,026	28,513	6,843	35,356	0,13
SP140	37,777	18,888	56,665	28,333	6,8	35,133	0,129
SP141	37,584	18,792	56,376	28,188	6,765	34,953	0,128
SP142	37,26	18,63	55,89	27,945	6,707	34,652	0,127
SP143	38,425	19,212	57,637	28,819	6,916	35,735	0,131
SP144	38,169	19,084	57,253	28,626	6,87	35,497	0,13
SP145	38,699	19,35	58,049	29,025	6,966	35,991	0,132

SP146	37,495	18,748	56,243	28,122	6,749	34,871	0,128
SP147	37,753	18,877	56,63	28,315	6,796	35,111	0,129
SP148	37,896	18,948	56,843	28,422	6,821	35,243	0,129
SP149	38,097	19,048	57,145	28,572	6,857	35,43	0,13
SP150	37,736	18,868	56,603	28,302	6,792	35,094	0,129
SP151	37,614	18,807	56,421	28,21	6,771	34,981	0,128
SP152	37,901	18,95	56,851	28,425	6,822	35,247	0,129
SP153	37,662	18,831	56,493	28,247	6,779	35,026	0,128
SP154	38,045	19,023	57,068	28,534	6,848	35,382	0,13
SP155	38,884	19,442	58,325	29,163	6,999	36,162	0,133
SP156	39,11	19,555	58,665	29,333	7,04	36,372	0,133
SP157	38,967	19,484	58,451	29,225	7,014	36,239	0,133
SP158	39,133	19,567	58,7	29,35	7,044	36,394	0,133
SP159	38,017	19,009	57,026	28,513	6,843	35,356	0,13
SP160	38,16	19,08	57,24	28,62	6,869	35,489	0,13
SP161	38,888	19,444	58,332	29,166	7	36,166	0,133
SP162	38,577	19,289	57,866	28,933	6,944	35,877	0,132
SP163	38,68	19,34	58,02	29,01	6,962	35,972	0,132
SP164	38,541	19,27	57,811	28,906	6,937	35,843	0,131
SP165	38,594	19,297	57,892	28,946	6,947	35,893	0,132
SP166	38,679	19,34	58,019	29,01	6,962	35,972	0,132
SP167	38,095	19,048	57,143	28,572	6,857	35,429	0,13
SP168	37,778	18,889	56,666	28,333	6,8	35,133	0,129
SP169	37,675	18,838	56,513	28,256	6,782	35,038	0,128
SP170	37,885	18,942	56,827	28,414	6,819	35,233	0,129
SP171	38,236	19,118	57,353	28,677	6,882	35,559	0,13
SP172	37,77	18,885	56,655	28,328	6,799	35,126	0,129
SP173	37,715	18,857	56,572	28,286	6,789	35,075	0,129
SP174	37,993	18,997	56,99	28,495	6,839	35,334	0,13
SP175	37,83	18,915	56,745	28,372	6,809	35,182	0,129
SP176	38,126	19,063	57,189	28,595	6,863	35,457	0,13
SP177	38,902	19,451	58,353	29,176	7,002	36,179	0,133
SP178	39,138	19,569	58,707	29,353	7,045	36,398	0,133
SP179	38,988	19,494	58,482	29,241	7,018	36,259	0,133
SP180	39,132	19,566	58,698	29,349	7,044	36,393	0,133
SP181	38,045	19,022	57,067	28,534	6,848	35,382	0,13
SP182	38,311	19,155	57,466	28,733	6,896	35,629	0,131
SP183	38,35	19,175	57,525	28,762	6,903	35,665	0,131

SP184	37,735	18,868	56,603	28,301	6,792	35,094	0,129
SP185	38,292	19,146	57,438	28,719	6,893	35,611	0,131
SP186	37,883	18,941	56,824	28,412	6,819	35,231	0,129
SP187	38,042	19,021	57,064	28,532	6,848	35,379	0,13
SP188	37,876	18,938	56,814	28,407	6,818	35,225	0,129
SP189	37,189	18,595	55,784	27,892	6,694	34,586	0,127
SP190	37,94	18,97	56,911	28,455	6,829	35,285	0,129
SP191	38,11	19,055	57,166	28,583	6,86	35,443	0,13
SP192	37,761	18,88	56,641	28,32	6,797	35,117	0,129
SP193	39,131	19,565	58,696	29,348	7,044	36,391	0,133
SP194	38,991	19,495	58,486	29,243	7,018	36,262	0,133
SP195	39,151	19,575	58,726	29,363	7,047	36,41	0,133
SP196	38,045	19,022	57,067	28,534	6,848	35,382	0,13
SP197	38,283	19,141	57,424	28,712	6,891	35,603	0,131
SP198	38,399	19,199	57,598	28,799	6,912	35,711	0,131
SP199	37,586	18,793	56,379	28,19	6,765	34,955	0,128
SP200	38,257	19,128	57,385	28,693	6,886	35,579	0,13
SP201	38,002	19,001	57,002	28,501	6,84	35,341	0,13
SP202	37,989	18,995	56,984	28,492	6,838	35,33	0,13
SP203	38,583	19,291	57,874	28,937	6,945	35,882	0,132
SP204	38,194	19,097	57,291	28,646	6,875	35,521	0,13
SP205	38,324	19,162	57,486	28,743	6,898	35,642	0,131
SP206	38,928	19,464	58,392	29,196	7,007	36,203	0,133
SP207	39,123	19,562	58,685	29,343	7,042	36,385	0,133
SP208	38,975	19,487	58,462	29,231	7,015	36,247	0,133
SP209	39,133	19,567	58,7	29,35	7,044	36,394	0,133
SP210	38,024	19,012	57,035	28,518	6,844	35,362	0,13
SP211	38,261	19,13	57,391	28,696	6,887	35,582	0,13
SP212	38,345	19,173	57,518	28,759	6,902	35,661	0,131
SP213	37,54	18,77	56,31	28,155	6,757	34,912	0,128
SP214	38,317	19,158	57,475	28,738	6,897	35,635	0,131
SP215	38,049	19,024	57,073	28,537	6,849	35,386	0,13
SP216	38,005	19,002	57,007	28,503	6,841	35,344	0,13
SP217	37,978	18,989	56,967	28,483	6,836	35,319	0,129
SP218	36,962	18,481	55,443	27,721	6,653	34,374	0,126
SP219	38	19	57	28,5	6,84	35,34	0,13
SP220	38,085	19,043	57,128	28,564	6,855	35,419	0,13
SP221	37,799	18,899	56,698	28,349	6,804	35,153	0,129

SP222	39,114	19,557	58,671	29,336	7,041	36,376	0,133
SP223	39,01	19,505	58,515	29,257	7,022	36,279	0,133
SP224	39,139	19,57	58,709	29,354	7,045	36,399	0,133
SP225	38,01	19,005	57,014	28,507	6,842	35,349	0,13
SP226	38,277	19,139	57,416	28,708	6,89	35,598	0,131
SP227	38,065	19,032	57,097	28,548	6,852	35,4	0,13
SP228	38,157	19,078	57,235	28,618	6,868	35,486	0,13
SP229	37,78	18,89	56,669	28,335	6,8	35,135	0,129
SP230	37,506	18,753	56,259	28,129	6,751	34,88	0,128
SP231	37,458	18,729	56,187	28,093	6,742	34,836	0,128
SP232	38,431	19,216	57,647	28,824	6,918	35,741	0,131
SP233	38,19	19,095	57,285	28,643	6,874	35,517	0,13
SP234	38,726	19,363	58,089	29,044	6,971	36,015	0,132
SP235	37,769	18,885	56,654	28,327	6,798	35,126	0,129
SP236	38,623	19,312	57,935	28,967	6,952	35,92	0,132
SP237	37,916	18,958	56,873	28,437	6,825	35,262	0,129
SP238	38,536	19,268	57,804	28,902	6,937	35,839	0,131
SP239	37,924	18,962	56,886	28,443	6,826	35,269	0,129
SP240	37,974	18,987	56,961	28,481	6,835	35,316	0,129
SP241	38,928	19,464	58,392	29,196	7,007	36,203	0,133
SP242	39,112	19,556	58,668	29,334	7,04	36,374	0,133
SP243	39,011	19,506	58,517	29,259	7,022	36,281	0,133
SP244	39,157	19,578	58,735	29,367	7,048	36,416	0,134
SP245	38,003	19,001	57,004	28,502	6,84	35,342	0,13
SP246	38,216	19,108	57,325	28,662	6,879	35,541	0,13
SP247	38,36	19,18	57,539	28,77	6,905	35,674	0,131
SP248	37,517	18,759	56,276	28,138	6,753	34,891	0,128
SP249	38,357	19,178	57,535	28,768	6,904	35,672	0,131
SP250	38,049	19,024	57,073	28,537	6,849	35,386	0,13
SP251	37,921	18,961	56,882	28,441	6,826	35,267	0,129
SP252	37,842	18,921	56,763	28,381	6,812	35,193	0,129
SP253	36,796	18,398	55,194	27,597	6,623	34,22	0,125
SP254	38,104	19,052	57,155	28,578	6,859	35,436	0,13
SP255	38,085	19,043	57,128	28,564	6,855	35,419	0,13
SP256	37,913	18,957	56,87	28,435	6,824	35,259	0,129
SP257	39,138	19,569	58,707	29,353	7,045	36,398	0,133
SP258	38,972	19,486	58,458	29,229	7,015	36,244	0,133
SP259	39,158	19,579	58,736	29,368	7,048	36,417	0,134

SP260	38,073	19,036	57,109	28,555	6,853	35,408	0,13
SP261	38,2	19,1	57,3	28,65	6,876	35,526	0,13
SP262	37,68	18,84	56,52	28,26	6,782	35,042	0,128
SP263	38,617	19,308	57,925	28,963	6,951	35,914	0,132
SP264	38,25	19,125	57,374	28,687	6,885	35,572	0,13
SP265	38,237	19,118	57,355	28,678	6,883	35,56	0,13
SP266	38,363	19,182	57,545	28,772	6,905	35,678	0,131
SP267	38,057	19,028	57,085	28,543	6,85	35,393	0,13
SP268	38,933	19,467	58,4	29,2	7,008	36,208	0,133
SP269	38,772	19,386	58,158	29,079	6,979	36,058	0,132
SP270	38,507	19,254	57,761	28,88	6,931	35,812	0,131
SP271	38,465	19,232	57,697	28,848	6,924	35,772	0,131
SP272	38,132	19,066	57,198	28,599	6,864	35,463	0,13
SP273	38,277	19,139	57,416	28,708	6,89	35,598	0,131
SP274	38,386	19,193	57,579	28,79	6,91	35,699	0,131
SP275	38,608	19,304	57,911	28,956	6,949	35,905	0,132
SP276	38,287	19,143	57,43	28,715	6,892	35,606	0,131
SP277	38,39	19,195	57,584	28,792	6,91	35,702	0,131
SP278	38,54	19,27	57,81	28,905	6,937	35,842	0,131
SP279	38,172	19,086	57,258	28,629	6,871	35,5	0,13
SP280	38,902	19,451	58,353	29,176	7,002	36,179	0,133
SP281	38,741	19,37	58,111	29,056	6,973	36,029	0,132
SP282	38,555	19,277	57,832	28,916	6,94	35,856	0,131
SP283	38,519	19,259	57,778	28,889	6,933	35,823	0,131
SP284	38,272	19,136	57,408	28,704	6,889	35,593	0,13
SP285	38,233	19,116	57,349	28,675	6,882	35,557	0,13
SP286	38,418	19,209	57,626	28,813	6,915	35,728	0,131
SP287	38,598	19,299	57,897	28,949	6,948	35,896	0,132
SP288	38,384	19,192	57,576	28,788	6,909	35,697	0,131
SP289	38,487	19,244	57,731	28,865	6,928	35,793	0,131
SP290	38,514	19,257	57,772	28,886	6,933	35,818	0,131
SP291	38,189	19,094	57,283	28,641	6,874	35,515	0,13
SP292	38,54	19,27	57,81	28,905	6,937	35,842	0,131
SP293	38,734	19,367	58,102	29,051	6,972	36,023	0,132
SP294	38,904	19,452	58,355	29,178	7,003	36,18	0,133
SP295	38,738	19,369	58,108	29,054	6,973	36,027	0,132
SP296	38,54	19,27	57,81	28,905	6,937	35,842	0,131
SP297	38,515	19,258	57,773	28,886	6,933	35,819	0,131

SP298	38,167	19,084	57,251	28,625	6,87	35,495	0,13
SP299	38,194	19,097	57,291	28,646	6,875	35,521	0,13
SP300	38,413	19,207	57,62	28,81	6,914	35,724	0,131
SP301	38,651	19,326	57,977	28,988	6,957	35,946	0,132
SP302	38,282	19,141	57,422	28,711	6,891	35,602	0,131
SP303	38,385	19,193	57,578	28,789	6,909	35,698	0,131
SP304	38,5	19,25	57,75	28,875	6,93	35,805	0,131
SP305	38,3	19,15	57,449	28,725	6,894	35,619	0,131
SP306	38,478	19,239	57,717	28,858	6,926	35,784	0,131
SP307	38,925	19,462	58,387	29,193	7,006	36,2	0,133
SP308	38,793	19,397	58,19	29,095	6,983	36,078	0,132
SP309	38,507	19,254	57,761	28,88	6,931	35,812	0,131
SP310	38,484	19,242	57,726	28,863	6,927	35,79	0,131
SP311	38,255	19,127	57,382	28,691	6,886	35,577	0,13
SP312	38,255	19,128	57,383	28,691	6,886	35,577	0,13
SP313	38,44	19,22	57,66	28,83	6,919	35,749	0,131
SP314	38,608	19,304	57,911	28,956	6,949	35,905	0,132
SP315	38,379	19,19	57,569	28,784	6,908	35,693	0,131
SP316	38,39	19,195	57,584	28,792	6,91	35,702	0,131
SP317	38,547	19,274	57,821	28,91	6,939	35,849	0,131
SP318	38,3	19,15	57,449	28,725	6,894	35,619	0,131
SP319	38,555	19,277	57,832	28,916	6,94	35,856	0,131
SP320	38,706	19,353	58,058	29,029	6,967	35,996	0,132
SP321	38,479	19,239	57,718	28,859	6,926	35,785	0,131
SP322	38,282	19,141	57,422	28,711	6,891	35,602	0,131
SP323	38,204	19,102	57,306	28,653	6,877	35,53	0,13
SP324	38,294	19,147	57,441	28,72	6,893	35,613	0,131
SP325	38,941	19,47	58,411	29,205	7,009	36,215	0,133
SP326	37,732	18,866	56,597	28,299	6,792	35,09	0,129
SP327	37,722	18,861	56,583	28,292	6,79	35,082	0,129
SP328	37,981	18,991	56,972	28,486	6,837	35,323	0,13
SP329	38,772	19,386	58,158	29,079	6,979	36,058	0,132
SP330	38,911	19,455	58,366	29,183	7,004	36,187	0,133
SP331	38,755	19,378	58,133	29,066	6,976	36,042	0,132
SP332	38,566	19,283	57,848	28,924	6,942	35,866	0,131
SP333	38,472	19,236	57,708	28,854	6,925	35,779	0,131
SP334	38,278	19,139	57,417	28,708	6,89	35,598	0,131
SP335	38,211	19,105	57,316	28,658	6,878	35,536	0,13

SP336	38,35	19,175	57,525	28,763	6,903	35,666	0,131
SP337	38,639	19,319	57,958	28,979	6,955	35,934	0,132
SP338	38,404	19,202	57,605	28,803	6,913	35,715	0,131
SP339	38,407	19,203	57,61	28,805	6,913	35,718	0,131
SP340	38,891	19,446	58,337	29,168	7	36,169	0,133
SP341	39,128	19,564	58,691	29,346	7,043	36,389	0,133
SP342	39	19,5	58,5	29,25	7,02	36,27	0,133
SP343	39,147	19,573	58,72	29,36	7,046	36,407	0,133
SP344	38,136	19,068	57,204	28,602	6,864	35,466	0,13
SP345	38,3	19,15	57,449	28,725	6,894	35,619	0,131
SP346	38,306	19,153	57,459	28,73	6,895	35,625	0,131
SP347	37,552	18,776	56,328	28,164	6,759	34,923	0,128
SP348	38,367	19,183	57,55	28,775	6,906	35,681	0,131
SP349	38,081	19,04	57,121	28,56	6,855	35,415	0,13
SP350	38,012	19,006	57,018	28,509	6,842	35,351	0,13
SP351	37,842	18,921	56,763	28,381	6,812	35,193	0,129
SP352	37,293	18,646	55,939	27,969	6,713	34,682	0,127
SP353	38,066	19,033	57,1	28,55	6,852	35,402	0,13
SP354	38,073	19,036	57,109	28,555	6,853	35,408	0,13
SP355	37,875	18,938	56,813	28,406	6,818	35,224	0,129
SP356	39,135	19,567	58,702	29,351	7,044	36,395	0,133
SP357	39,001	19,501	58,502	29,251	7,02	36,271	0,133
SP358	39,132	19,566	58,698	29,349	7,044	36,393	0,133
SP359	38,157	19,078	57,235	28,618	6,868	35,486	0,13
SP360	38,211	19,105	57,316	28,658	6,878	35,536	0,13
SP361	38,562	19,281	57,843	28,921	6,941	35,863	0,131
SP362	38,189	19,094	57,283	28,641	6,874	35,515	0,13
SP363	38,503	19,252	57,755	28,878	6,931	35,808	0,131
SP364	38,7	19,35	58,051	29,025	6,966	35,991	0,132
SP365	38,407	19,203	57,61	28,805	6,913	35,718	0,131
SP366	38,389	19,194	57,583	28,792	6,91	35,702	0,131
SP367	38,092	19,046	57,137	28,569	6,856	35,425	0,13
SP368	38,211	19,105	57,316	28,658	6,878	35,536	0,13
SP369	38,921	19,46	58,381	29,191	7,006	36,197	0,133
SP370	37,888	18,944	56,832	28,416	6,82	35,236	0,129
SP371	37,926	18,963	56,889	28,445	6,827	35,271	0,129
SP372	37,952	18,976	56,929	28,464	6,831	35,296	0,129
SP373	38,767	19,384	58,151	29,076	6,978	36,054	0,132

SP374	38,888	19,444	58,332	29,166	7	36,166	0,133
SP375	38,741	19,37	58,111	29,056	6,973	36,029	0,132
SP376	38,544	19,272	57,815	28,908	6,938	35,846	0,131
SP377	38,48	19,24	57,72	28,86	6,926	35,786	0,131
SP378	38,173	19,087	57,26	28,63	6,871	35,501	0,13
SP379	38,216	19,108	57,325	28,662	6,879	35,541	0,13
SP380	38,386	19,193	57,579	28,79	6,91	35,699	0,131
SP381	38,617	19,308	57,925	28,963	6,951	35,914	0,132
SP382	38,374	19,187	57,561	28,781	6,907	35,688	0,131
SP383	38,407	19,203	57,61	28,805	6,913	35,718	0,131
SP384	38,529	19,265	57,794	28,897	6,935	35,832	0,131
SP385	38,288	19,144	57,433	28,716	6,892	35,608	0,131
SP386	38,933	19,467	58,4	29,2	7,008	36,208	0,133
SP387	39,116	19,558	58,674	29,337	7,041	36,378	0,133
SP388	39,011	19,506	58,517	29,259	7,022	36,281	0,133
SP389	39,157	19,578	58,735	29,367	7,048	36,416	0,134
SP390	38,01	19,005	57,014	28,507	6,842	35,349	0,13
SP391	38,261	19,13	57,391	28,696	6,887	35,582	0,13
SP392	38,36	19,18	57,539	28,77	6,905	35,674	0,131
SP393	37,517	18,759	56,276	28,138	6,753	34,891	0,128
SP394	38,337	19,168	57,505	28,753	6,901	35,653	0,131
SP395	38,033	19,017	57,05	28,525	6,846	35,371	0,13
SP396	38,095	19,048	57,143	28,572	6,857	35,429	0,13
SP397	37,859	18,929	56,788	28,394	6,815	35,209	0,129
SP398	36,796	18,398	55,194	27,597	6,623	34,22	0,125
SP399	38,044	19,022	57,066	28,533	6,848	35,381	0,13
SP400	38,104	19,052	57,156	28,578	6,859	35,437	0,13
SP401	37,913	18,957	56,87	28,435	6,824	35,259	0,129
SP402	39,136	19,568	58,704	29,352	7,044	36,396	0,133
SP403	38,995	19,498	58,493	29,247	7,019	36,266	0,133
SP404	39,144	19,572	58,716	29,358	7,046	36,404	0,133
SP405	38,024	19,012	57,035	28,518	6,844	35,362	0,13
SP406	38,25	19,125	57,374	28,687	6,885	35,572	0,13
SP407	38,916	19,458	58,374	29,187	7,005	36,192	0,133
SP408	38,913	19,456	58,369	29,184	7,004	36,189	0,133
SP409	38,859	19,43	58,289	29,144	6,995	36,139	0,132
SP410	38,96	19,48	58,44	29,22	7,013	36,233	0,133
SP411	38,951	19,475	58,426	29,213	7,011	36,224	0,133

SP412	38,93	19,465	58,395	29,197	7,007	36,205	0,133
SP413	39,122	19,561	58,684	29,342	7,042	36,384	0,133
SP414	38,975	19,487	58,462	29,231	7,015	36,247	0,133
SP415	39,143	19,572	58,715	29,357	7,046	36,403	0,133
SP416	38,157	19,078	57,235	28,618	6,868	35,486	0,13
SP417	38,205	19,103	57,308	28,654	6,877	35,531	0,13
SP418	38,321	19,16	57,481	28,74	6,898	35,638	0,131
SP419	37,563	18,782	56,345	28,172	6,761	34,934	0,128
SP420	38,262	19,131	57,393	28,696	6,887	35,584	0,13
SP421	37,946	18,973	56,919	28,46	6,83	35,29	0,129
SP422	38,058	19,029	57,086	28,543	6,85	35,394	0,13
SP423	37,816	18,908	56,725	28,362	6,807	35,169	0,129
SP424	37,169	18,584	55,753	27,876	6,69	34,567	0,127
SP425	38,081	19,041	57,122	28,561	6,855	35,416	0,13
SP426	38,098	19,049	57,147	28,573	6,858	35,431	0,13
SP427	37,818	18,909	56,727	28,363	6,807	35,171	0,129
SP428	39,134	19,567	58,701	29,35	7,044	36,394	0,133
SP429	38,974	19,487	58,46	29,23	7,015	36,245	0,133
SP430	39,146	19,573	58,719	29,359	7,046	36,406	0,133
SP431	38,129	19,064	57,193	28,597	6,863	35,46	0,13
SP432	38,272	19,136	57,408	28,704	6,889	35,593	0,13
SP433	38,586	19,293	57,879	28,939	6,945	35,885	0,132
SP434	38,289	19,144	57,433	28,716	6,892	35,608	0,131
SP435	38,085	19,043	57,128	28,564	6,855	35,419	0,13
SP436	38,262	19,131	57,393	28,696	6,887	35,584	0,13
SP437	38,435	19,218	57,653	28,827	6,918	35,745	0,131
SP438	38,522	19,261	57,783	28,891	6,934	35,825	0,131
SP439	38,308	19,154	57,462	28,731	6,895	35,626	0,131
SP440	37,891	18,945	56,836	28,418	6,82	35,239	0,129
SP441	38,824	19,412	58,237	29,118	6,988	36,107	0,132
SP442	37,914	18,957	56,871	28,435	6,824	35,26	0,129
SP443	37,78	18,89	56,671	28,335	6,8	35,136	0,129
SP444	38,292	19,146	57,438	28,719	6,893	35,611	0,131
SP445	37,846	18,923	56,77	28,385	6,812	35,197	0,129
SP446	38,918	19,459	58,376	29,188	7,005	36,193	0,133
SP447	39,12	19,56	58,68	29,34	7,042	36,382	0,133
SP448	39,011	19,506	58,517	29,259	7,022	36,281	0,133
SP449	39,136	19,568	58,704	29,352	7,045	36,397	0,133

SP450	38,157	19,078	57,235	28,618	6,868	35,486	0,13
SP451	38,25	19,125	57,374	28,687	6,885	35,572	0,13
SP452	38,316	19,158	57,474	28,737	6,897	35,634	0,131
SP453	37,494	18,747	56,242	28,121	6,749	34,87	0,128
SP454	38,257	19,128	57,385	28,693	6,886	35,579	0,13
SP455	37,867	18,934	56,801	28,4	6,816	35,216	0,129
SP456	38,05	19,025	57,075	28,538	6,849	35,387	0,13
SP457	37,816	18,908	56,725	28,362	6,807	35,169	0,129
SP458	36,879	18,439	55,318	27,659	6,638	34,297	0,126
SP459	37,985	18,992	56,977	28,489	6,837	35,326	0,13
SP460	38,173	19,087	57,26	28,63	6,871	35,501	0,13
SP461	37,846	18,923	56,77	28,385	6,812	35,197	0,129
SP462	39,116	19,558	58,674	29,337	7,041	36,378	0,133
SP463	39,004	19,502	58,506	29,253	7,021	36,274	0,133
SP464	39,136	19,568	58,704	29,352	7,045	36,397	0,133
SP465	38,164	19,082	57,246	28,623	6,87	35,493	0,13
SP466	38,283	19,141	57,424	28,712	6,891	35,603	0,131
SP467	38,027	19,014	57,041	28,52	6,845	35,365	0,13
SP468	39,008	19,504	58,513	29,256	7,022	36,278	0,133
SP469	39,137	19,569	58,706	29,353	7,045	36,398	0,133
SP470	38,045	19,022	57,067	28,534	6,848	35,382	0,13
SP471	38,316	19,158	57,474	28,737	6,897	35,634	0,131
SP472	38,355	19,177	57,532	28,766	6,904	35,67	0,131
SP473	37,563	18,782	56,345	28,172	6,761	34,934	0,128
SP474	38,347	19,173	57,52	28,76	6,902	35,663	0,131
SP475	37,907	18,953	56,86	28,43	6,823	35,253	0,129
SP476	37,914	18,957	56,871	28,435	6,824	35,26	0,129
SP477	37,952	18,976	56,928	28,464	6,831	35,296	0,129
SP478	36,92	18,46	55,38	27,69	6,646	34,336	0,126
SP479	37,94	18,97	56,911	28,455	6,829	35,285	0,129
SP480	38,192	19,096	57,288	28,644	6,875	35,518	0,13
SP481	37,684	18,842	56,526	28,263	6,783	35,046	0,128
SP482	39,112	19,556	58,668	29,334	7,04	36,374	0,133
SP483	38,511	19,255	57,766	28,883	6,932	35,815	0,131
SP484	38,511	19,256	57,767	28,883	6,932	35,815	0,131
SP485	38,167	19,084	57,251	28,625	6,87	35,495	0,13
SP486	38,261	19,13	57,391	28,696	6,887	35,582	0,13
SP487	38,377	19,189	57,566	28,783	6,908	35,691	0,131

SP488	38,651	19,326	57,977	28,988	6,957	35,946	0,132
SP489	38,404	19,202	57,605	28,803	6,913	35,715	0,131
SP490	38,39	19,195	57,584	28,792	6,91	35,702	0,131
SP491	38,558	19,279	57,837	28,919	6,94	35,859	0,131
SP492	38,244	19,122	57,366	28,683	6,884	35,567	0,13
SP493	38,888	19,444	58,332	29,166	7	36,166	0,133
SP494	38,781	19,391	58,172	29,086	6,981	36,067	0,132
SP495	38,566	19,283	57,848	28,924	6,942	35,866	0,131
SP496	38,441	19,221	57,662	28,831	6,919	35,75	0,131
SP497	38,26	19,13	57,391	28,695	6,887	35,582	0,13
SP498	38,205	19,103	57,308	28,654	6,877	35,531	0,13
SP499	38,912	19,456	58,369	29,184	7,004	36,189	0,133
SP500	38,695	19,348	58,043	29,021	6,965	35,986	0,132
SP501	38,995	19,497	58,492	29,246	7,019	36,265	0,133
SP502	39,022	19,511	58,533	29,267	7,024	36,291	0,133
SP503	38,881	19,441	58,322	29,161	6,999	36,16	0,133
SP504	39,174	19,587	58,761	29,381	7,051	36,432	0,134
SP505	39,225	19,612	58,837	29,418	7,06	36,479	0,134
SP506	39,015	19,507	58,522	29,261	7,023	36,284	0,133
SP507	38,947	19,474	58,421	29,211	7,011	36,221	0,133
SP508	39,028	19,514	58,541	29,271	7,025	36,296	0,133
SP509	38,921	19,46	58,381	29,19	7,006	36,196	0,133
SP510	38,871	19,436	58,307	29,154	6,997	36,15	0,133
SP511	38,601	19,301	57,902	28,951	6,948	35,899	0,132
SP512	38,927	19,464	58,391	29,195	7,007	36,202	0,133
SP513	39,053	19,527	58,58	29,29	7,03	36,319	0,133
SP514	39,079	19,54	58,619	29,309	7,034	36,344	0,133
SP515	38,867	19,433	58,3	29,15	6,996	36,146	0,133
SP516	38,837	19,418	58,255	29,128	6,991	36,118	0,132
SP517	38,204	19,102	57,306	28,653	6,877	35,53	0,13
SP518	38,632	19,316	57,949	28,974	6,954	35,928	0,132
SP519	38,825	19,412	58,237	29,119	6,988	36,107	0,132
SP520	38,934	19,467	58,401	29,201	7,008	36,209	0,133
SP521	38,857	19,428	58,285	29,143	6,994	36,137	0,132
SP522	38,962	19,481	58,443	29,222	7,013	36,235	0,133
SP523	38,507	19,254	57,761	28,88	6,931	35,812	0,131
SP524	38,4	19,2	57,599	28,8	6,912	35,712	0,131
SP525	37,867	18,933	56,8	28,4	6,816	35,216	0,129

SP526	37,598	18,799	56,396	28,198	6,768	34,966	0,128
SP527	37,322	18,661	55,984	27,992	6,718	34,71	0,127
SP528	37,199	18,6	55,799	27,899	6,696	34,595	0,127
SP529	38,129	19,065	57,194	28,597	6,863	35,46	0,13
SP530	38,549	19,275	57,824	28,912	6,939	35,851	0,131
SP531	38,491	19,246	57,737	28,869	6,928	35,797	0,131
SP532	37,26	18,63	55,889	27,945	6,707	34,651	0,127
SP533	37,127	18,564	55,691	27,846	6,683	34,528	0,127
SP534	38,141	19,07	57,211	28,605	6,865	35,471	0,13
SP535	38,169	19,084	57,253	28,627	6,87	35,497	0,13
SP536	37,082	18,541	55,623	27,811	6,675	34,486	0,126
SP537	37,953	18,977	56,93	28,465	6,832	35,297	0,129
SP538	36,99	18,495	55,485	27,742	6,658	34,401	0,126
SP539	37,254	18,627	55,881	27,94	6,706	34,646	0,127
SP540	37,78	18,89	56,669	28,335	6,8	35,135	0,129
SP541	37,424	18,712	56,137	28,068	6,736	34,805	0,128
SP542	37,513	18,756	56,269	28,135	6,752	34,887	0,128
SP543	37,136	18,568	55,703	27,852	6,684	34,536	0,127
SP544	37,497	18,749	56,246	28,123	6,75	34,873	0,128
SP545	38,052	19,026	57,078	28,539	6,849	35,388	0,13
SP546	36,879	18,439	55,318	27,659	6,638	34,297	0,126
SP547	37,333	18,666	55,999	28	6,72	34,72	0,127
SP548	36,832	18,416	55,248	27,624	6,63	34,254	0,126
SP549	36,421	18,211	54,632	27,316	6,556	33,872	0,124
SP550	37,736	18,868	56,603	28,302	6,792	35,094	0,129
SP551	36,732	18,366	55,098	27,549	6,612	34,161	0,125
SP552	36,64	18,32	54,96	27,48	6,595	34,075	0,125
SP553	37,126	18,563	55,689	27,845	6,683	34,527	0,127
SP554	37,44	18,72	56,16	28,08	6,739	34,819	0,128
SP555	38,316	19,158	57,474	28,737	6,897	35,634	0,131
SP556	38,204	19,102	57,306	28,653	6,877	35,53	0,13
SP557	38,01	19,005	57,015	28,507	6,842	35,349	0,13
SP558	39	19,5	58,5	29,25	7,02	36,27	0,133
SP559	37,77	18,885	56,655	28,327	6,799	35,126	0,129
SP560	37,678	18,839	56,517	28,258	6,782	35,04	0,128
SP561	38,154	19,077	57,231	28,616	6,868	35,483	0,13
SP562	37,225	18,613	55,838	27,919	6,701	34,62	0,127
SP563	37,456	18,728	56,184	28,092	6,742	34,834	0,128

SP564	37,443	18,722	56,165	28,082	6,74	34,822	0,128
SP565	38,038	19,019	57,056	28,528	6,847	35,375	0,13
SP566	38,326	19,163	57,488	28,744	6,899	35,643	0,131
SP567	37,072	18,536	55,607	27,804	6,673	34,477	0,126
SP568	36,968	18,484	55,452	27,726	6,654	34,38	0,126
SP569	36,843	18,421	55,264	27,632	6,632	34,264	0,126
SP570	36,353	18,176	54,529	27,264	6,543	33,808	0,124
SP571	38,608	19,304	57,911	28,956	6,949	35,905	0,132
SP572	39,006	19,503	58,508	29,254	7,021	36,275	0,133
SP573	39,046	19,523	58,568	29,284	7,028	36,312	0,133
SP574	38,981	19,49	58,471	29,236	7,017	36,252	0,133

Anexo 3: Promedio de DAP y altura de cuadrantes

Resumen de los datos obtenidos de DAP y altura total, de los cincuenta cuadrantes medidos en el Parque Metropolitano Guanguiltagua.

Cuadrante	No. Individuos	Promedio DAP (m)	Promedio de Altura (m)
C1	11	0.41	17.36
C2	11	0.45	19.27
C3	13	0.41	28.53
C4	14	0.32	27.21
C5	10	0.55	22.93
C6	11	0.44	34.05
C7	12	0.58	36.66
C8	11	0.42	14.79
C9	13	0.66	25.30
C10	13	0.57	22.14
C11	10	0.69	21.30
C12	12	0.50	21.65
C13	12	0.61	21.76
C14	12	0.37	21.40
C15	11	0.61	33.54
C16	12	0.46	31
C17	12	0.52	30.83
C18	11	0.42	28.45
C19	14	0.54	29.78
C20	13	0.56	32.53
C21	11	0.45	31.27
C22	11	0.53	31.54
C23	13	0.48	31.61
C24	12	0.43	29.5
C25	11	0.40	32.45
C26	12	0.43	31
C27	13	0.44	34.76
C28	11	0.46	29.45
C29	13	0.40	33.46
C30	12	0.56	33.75
C31	12	0.43	28
C32	13	0.46	29.46
C33	11	0.42	33.45
C34	11	0.52	33.45
C35	10	0.32	31.2
C36	10	0.58	29.3
C37	11	0.45	31.36

C38	12	0.47	31.41
C39	11	0.55	27.81
C40	12	0.43	32.83
C41	9	0.62	29.22
C42	9	0.46	29.88
C43	10	0.43	32.3
C44	9	0.26	26.44
C45	9	0.28	30.22
C46	10	0.43	28.54
C47	11	0.68	29.5
C48	12	0.88	32.30
C49	13	0.73	28.30
C50	13	0.65	32.1
Total	575	0.49	28.92

ANEXO 4: Estimación de biomasa, Carbono total y CO₂ fijado

Resumen del cálculo de biomasa total, carbono fijado y fijación de CO₂ en cada cuadrante medido.

Cuadrante	Biomasa total en kg	Carbono total en kg	CO ₂ Fijado en tn
C1	635.09	393.76	1.44
C2	632.97	392.44	1.43
C3	751.39	465.86	1.70
C4	814.71	505.12	1.85
C5	571.64	354.41	1.29
C6	634.48	393.38	1.44
C7	685.36	424.92	1.55
C8	634.16	393.18	1.44
C9	736.48	456.62	1.67
C10	741.00	459.42	1.68
C11	564.89	350.23	1.28
C12	687.90	426.49	1.56
C13	682.05	422.87	1.55
C14	695.39	431.14	1.58
C15	626.67	388.53	1.42
C16	691.04	428.44	1.57
C17	688.26	426.72	1.56
C18	655.30	393.88	1.44
C19	801.52	496.94	1.82
C20	743.15	460.75	1.68
C21	633.83	392.97	1.44
C22	630.07	390.64	1.43
C23	747.73	463.59	1.69
C24	692.40	429.29	1.57
C25	636.06	394.36	1.44
C26	692.40	429.29	1.57
C27	750	465	2
C28	633.23	392.60	1.43
C29	752.04	466.26	1.70
C30	686.40	425.57	1.56
C31	692.20	429.17	1.57
C32	735.04	455.72	1.67
C33	748.42	464.02	1.70
C34	635.383	393.93	1.44
C35	630.68	391.02	1.43
C36	581.84	360.74	1.32
C37	570.95	353.94	1.29

C38	634	393	1
C39	690.16	427.90	1.56
C40	628.85	389.88	1.42
C41	692.88	429.59	1.57
C42	511.82	317.32	1.16
C43	518.19	321.28	1.17
C44	577.10	357.80	1.31
C45	526.29	326.30	1.19
C46	525.27	325.67	1.19
C47	577.17	357.85	1.31
C48	623.13	386.34	1.41
C49	670.66	415.81	1.52
C50	739.48	458.48	1.68
Total	33017.08	20470.43	75.05

ANEXO 5: Estimaciones de bandas 4, 8, NDVI, Carbono total y CO₂ fijado.

Resumen del cálculo de biomasa total, banda 4, banda 8, NDVI, carbono total y CO₂ fijado.

Cuadrante	B4	B8	NDVI	CT	CO₂ f tn
C1	0.07	0.16	0.41	331.28	1.33
C2	0.03	0.24	0.77	404.97	1.53
C3	0.09	0.24	0.45	393.99	1.59
C4	0.06	0.19	0.52	363.91	1.43
C5	0.03	0.19	0.67	387.04	1.48
C6	0.04	0.16	0.59	363.91	1.40
C7	0.08	0.09	0.41	387.04	1.43
C8	0.06	0.22	0.54	363.27	1.49
C9	0.04	0.20	0.64	356.11	1.47
C10	0.03	0.25	0.73	378.25	1.52
C11	0.03	0.20	0.73	383.13	1.51
C12	0.09	0.21	0.38	398.98	1.54
C13	0.03	0.18	0.71	399.11	1.50
C14	0.07	0.37	0.67	377.12	1.62
C15	0.07	0.24	0.50	395.64	1.55
C16	0.02	0.26	0.82	410.59	1.53
C17	0.02	0.26	0.82	388.23	1.54
C18	0.02	0.23	0.77	408.12	1.53
C19	0.07	0.40	0.70	409.56	1.60
C20	0.08	0.42	0.67	406.97	1.65
C21	0.03	0.16	0.62	406.01	1.41
C22	0.02	0.16	0.74	414.33	1.51
C23	0.02	0.14	0.71	370.26	1.48
C24	0.02	0.17	0.73	403.92	1.51
C25	0.02	0.16	0.69	394.89	1.47
C26	0.02	0.17	0.76	399.78	1.53
C27	0.02	0.13	0.6	388.92	1.45
C28	0.02	0.14	0.7	407.34	1.47
C29	0.01	0.20	0.89	385.22	1.63
C30	0.02	0.15	0.71	391.77	1.49
C31	0.05	0.33	0.71	440.42	1.55
C32	0.02	0.13	0.70	394.93	1.46
C33	0.05	0.19	0.54	400.11	1.42
C34	0.04	0.19	0.65	387.93	1.46
C35	0.03	0.16	0.64	363.80	1.43
C36	0.03	0.14	0.63	381.48	1.40
C37	0.06	0.32	0.66	375.58	1.59

C38	0.02	0.18	0.74	367.367	1.51
C39	0.02	0.18	0.76	404.53	1.53
C40	0.02	0.14	0.75	402.45	1.52
C41	0.03	0.19	0.68	407.63	1.48
C42	0.03	0.17	0.64	406.22	1.44
C43	0.02	0.18	0.73	387.73	1.51
C44	0.08	0.20	0.42	376.65	1.46
C45	0.04	0.17	0.57	400.01	1.41
C46	0.03	0.16	0.67	363.79	1.45
C47	0.02	0.16	0.74	363.94	1.52
C48	0.02	0.15	0.71	363.54	1.47
C49	0.02	0.23	0.81	404.12	1.55
C50	0.02	0.14	0.70	392.00	1.46
Total				19453.88	74.04

ANEXO 6: Scripts utilizados, para obtención de datos en los programas R, QGIS y SNAP.

Scripts utilizados, para obtención de datos en los programas R, QGIS y SNAP.

1. Scrip Utilizado para obtención de NDVI en QGIS

```
{
"climate_gee_dataset": null,
"crosses_180th": false,
"crs": "GEOGCS[\"WGS 84\",DATUM[\"WGS_1984\",SPHEROID[\"WGS
84\",6378137,298.257223563,AUTHORITY[\"EPSG\",\"7030\"]],AUTHORITY[\"EPSG\",\"63
26\"],PRIMEM[\"Greenwich\",0,AUTHORITY[\"EPSG\",\"8901\"]],UNIT[\"degree\",0.017453
2925199433,AUTHORITY[\"EPSG\",\"9122\"]],AUTHORITY[\"EPSG\",\"4326\"]]",
"geojsons": "[{\"coordinates\": [-78.46350464, -0.16494652], \"type\": \"Point\"}]",
"ndvi_gee_dataset": "users/geflanddegradation/toolbox_datasets/ndvi_avhrr_1982_2015",
"task_name": "calculo carbon",
"task_notes": "",
"trajectory_method": "ndvi_trend",
"year_end": 2015,
"year_start": 2000
}
```

Script de salida para el cálculo del carbono

```
{
"name": "timeseries",
"table": [
{
"name": "max",
"time":
[1982.0,1983.0,1984.0,1985.0,1986.0,1987.0,1988.0,1989.0,1990.0,1991.0,1992.0,1993.0,1994.0
,1995.0,1996.0,1997.0,1998.0,1999.0,2000.0,2001.0,2002.0,2003.0,2004.0,
2005.0,2006.0,2007.0,2008.0,2009.0,2010.0,2011.0,2012.0,2013.0,2014.0,2015.0],
"y": [
4446.0,4629.0,4583.0,4625.0,4631.0,4785.0,4644.0,4903.0,4887.0,4581.0,4822.0,
4898.0,4949.0,4896.0,5023.0,4966.0,4923.0,4733.0,4653.0,4628.0,4924.0,4967.0,
4801.0,4778.0,5267.0,5355.0,5415.0,5254.0,5050.0,5324.0,4983.0,5438.0,4938.0,
5063.0]},
]
```

2. Scrip NDVI en Snap

```
> TABLA_NDVI <- read_excel("TABLA NDVI.xlsx")
> View(TABLA_NDVI)
> b <- read_excel("C:/Users/vladi/OneDrive/Escritorio/guanguiltagua/ndvi parque
metropolitano/TABLA NDVI.xlsx", sheet = 1)
> attach(b)
> names(b)
```

```
[1] "AÑO" "NDVI"
> plot(b,main="AÑOS VS NDVI",xlab="AÑOS",ylab="NDVI",col="blue")
> modelo1=lm(NDVI ~ AÑO,data=b,na.action=na.exclude)
> summary(modelo1)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-732.84	-141.95	1.26	140.58	381.89

Con los valores de la tabla de datos calculamos, en R con la instrucción summary (modelo1)

El valor

Min -732.84

Mediana 1,26

Valor máximo 281.89

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-28374.241	7625.677	-3.721	0.000762 ***
AÑO	16.637	3.816	4.360	0.000126 ***

Luego podemos observar el intercepto con el eje y que es igual a -28374,241

Y la pendiente en este caso es 16,637

Los 3 asteriscos significan que el valor t es significativo ya que es diferente de 0

Multiple R-squared: 0.3727, Adjusted R-squared: 0.3531

También se obtiene los valores de R2 que es 0,3727 así como también de R2 ajustado

F-statistic: 19.01 on 1 and 32 DF, p-value: 0.0001261

Con estos datos podemos calcular la correlación de Pearson

```
> sqrt(.3727)
```

```
[1] 0.6104916
```

El valor de 0,6104916 es la correlación de Pearson

Con estos datos, la ecuación lineal sería la siguiente

NDVI=B*AÑO+ Intercepto, es decir

NDVI=16.637*AÑO - 28374.241

A continuación, mostramos el script, para obtener el gráfico de R2

```
> library(ggplot2)
```

Warning message:

```
package 'ggplot2' was built under R version 4.0.5
```

```
> plot(b,main="AÑOS VS NDVI",xlab="AÑOS",ylab="NDVI",col="blue")
```

```
> modelo1=lm(NDVI ~ AÑO,data=b,na.action=na.exclude)
```

```
> grafica1=ggplot(b,aes(AÑO,NDVI))
```

```
> grafica1 + geom_point()
```

```
> grafica1 + geom_point() + geom_smooth(method="lm",colour="Red")
```

Se obtuvo el gráfico:

2. Bandas

Banda 8



Banda 4



Bandas 8 y 4

