



**Estimación de la captura y almacenamiento de carbono por los árboles de la  
Universidad de Antioquia en Ciudad Universitaria.**

Laura Linares Rodríguez

Trabajo de grado para optar el título de  
Ingeniera Ambiental

Directores

Juan Camilo Villegas Palacio, Ingeniero Ambiental, MSc en Bosques y Conservación Ambiental,  
PhD en Recursos naturales

Edwin Echeverri Salazar, Ingeniero Ambiental, MSc

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Escuela Ambiental

Ingeniería Ambiental

Medellín

2022

---

Cita

(Linares Rodríguez, 2022)

---

Referencia

Estilo APA 7 (2020)

Linares Rodríguez, L. (2022). *Estimación de la captura y almacenamiento de carbono por los árboles de la Universidad de Antioquia en Ciudad Universitaria*. [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

---



Grupo de Investigación Aliados con el Planeta.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla

**Jefe departamento:** Diana Catalina Rodríguez

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

La realización de este trabajo no hubiese sido posible sin el acompañamiento de personas que con su cooperación desinteresada me guiaron, me apoyaron y fueron un soporte esencial en momentos de angustia y de felicidad.

Dedico este trabajo en especial a mis padres y hermana quienes han sido pilar fundamental en mi crecimiento personal y profesional, por su paciencia y amor incondicional ante las adversidades y logros en mi camino académico, por ser quienes siempre han creído y seguirán creyendo en mí y sobre todo por llenar mi vida con sus valiosos consejos.

## **Agradecimientos**

Agradezco profundamente a mis tutores Juan Camilo Villegas y Edwin Echeverri, por su colaboración y amplia experiencia que me orientaron para la correcta culminación de mi trabajo de grado, y la más grata finalización en mi recorrido académico.

Al ingeniero forestal Gustavo Adolfo Ríos, personal de jardinería de la Universidad de Antioquia, los integrantes del semillero de investigación Aliados con el Planeta, y todas las personas que dedicaron energía, compromiso y absoluto apoyo en la campaña de medición de los árboles de Ciudad Universitaria.

Al coordinador del semillero de investigación Aliados con el Planeta, Edwin Mora por su entrega, enseñanzas y atención a mis procesos de aprendizaje.

A mis amigos que gracias a su apoyo moral me animaron a permanecer con empeño, dedicación y mucho esfuerzo en este trayecto.

Y por último a el semillero de investigación Aliados con el Planeta por potencializar mis capacidades personales y retarme continuamente hacer una mejor persona y profesional.

Y en general a todos quienes aportaron un granito de arena para culminar con éxito este proyecto.

## Contenido

Resumen .....	10
1. Introducción .....	12
2. Planteamiento del problema.....	13
3. Objetivos .....	14
3.1. Objetivo General.....	14
3.2. Objetivos Específicos .....	14
4. Marco teórico .....	15
4.1. Ciclo del carbono.....	15
4.2. Biomasa forestal .....	15
4.3. Contenido de carbono en bosques .....	16
4.4. Estimación de crecimiento.....	17
5. Metodología .....	18
5.1. Zona de estudio.....	18
5.2. Selección de individuos .....	19
5.3. Mediciones en campo .....	20
5.4. Tasa de crecimiento .....	22
5.5. Estimación de Biomasa .....	23
5.6. Contenido de carbono.....	23
6. Resultados y discusión.....	24
6.1. Características generales del bosque urbano en el Campus Universitario .....	24
6.2. Análisis de variables y datos registrados para la actualización del inventario forestal del año 2021 .....	25
6.3. Crecimiento diamétrico .....	26
6.3.1. Incremento dimétrico por especie entre el periodo del 2014-2021 .....	26
6.4. Incremento dimétrico por familia entre el periodo del 2014-2021.....	27
6.5. Crecimiento en relación con fenómenos naturales .....	28
6.5.1. Fenómeno del Niño 2015-2016.....	28
6.5.2. Fenómeno del Niña 2020-2021 .....	29
6.6. Estimación de Biomasa .....	30

- 6.7. Captura y almacenamiento de carbono.....31
  - 6.7.1. Análisis de Captura de carbono por familias y especies .....32
- 7. Conclusiones .....34
- 8. Referencias.....36
- 9. Anexos .....39

## **Lista de Gráficas**

Gráfica 1.Comportamiento de crecimiento para las familias con mayor crecimiento en el periodo 2014-2021.....	27
Gráfica 2.Comportamiento de biomasa vs periodo.....	30
Gráfica 3.Captura de carbono en el periodo de tiempo 2014-2021 .....	31
Gráfica 4.Tasa de almacenamiento de carbono por familia.....	32

## Lista de Figuras

Figura 1.Índice de Espacio Público Verde Urbano Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Fuente:(Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), 2010) .....	19
Figura 3.Medición del diámetro a 1.30 m del suelo (DAP): un tallo principal único (izquierda), y un tallo ramificado. Elaboración propia. ....	21
Figura 4.Técnicas de medición de alturas. Elaboración propia.....	22



## Lista de Tablas

Tabla 1. Familias arbóreas con mayor número de especies e individuos. ....	25
Tabla 2. Inventario forestal del año 2021, especies con mayor diámetro registrado. ....	25
Tabla 3. Especies con mayor crecimiento del DAP .....	26
Tabla 4. Crecimiento promedio de diámetro en los periodos del 2014-2021 .....	29
Tabla 5. Tasa de Captura de carbono por familia .....	32
Tabla 6. Tasa de captura de carbono para especies con mayor almacenamiento de carbono. ....	33

## Resumen

Un bosque urbano es un lugar donde se alojan entre otras cosas un conjunto de árboles rodeados por estructuras ciudadinas, que incluyen también los árboles individuales ubicados en todas las áreas urbanas o periurbanas. A su vez este ecosistema brinda diversos servicios ambientales importantes para el bienestar de la población humana, puesto que contribuyen en la conservación de la biodiversidad, reducen las islas de calor, mejoran la calidad del aire, absorben Gases de Efecto Invernadero (GEI) disminuyendo los efectos del cambio climático. La Universidad de Antioquia en su sede Ciudad Universitaria es un área con una extensión de 8.9 ha de bosque urbano que se conecta por medio de corredores verdes con otros bosques urbanos como el Jardín Botánico y el Cerro El Volador. Este arbolado urbano incluye un aproximado de 2500 individuos de árboles y 248 palmeras. El presente trabajo consta de la medición en campo de variables como el diámetro a la altura del pecho y la altura arbórea de los individuos seleccionados a medir en Ciudad Universitaria, seguido de la estimación de la biomasa total mediante el uso de ecuaciones alométricas para zonas de vida similares a la estudiada, con el objetivo de estimar el almacenamiento de carbono en el arbolado urbano seleccionado en Ciudad Universitaria en el periodo 2014-2021. Dentro de los resultados se obtuvo que las especies más abundantes en los inventarios forestales disponibles son el mango y el urapán, la familia con mayor captura de carbono es la *Mimosaceae* y por último el total de carbono capturado de la colección en los 300 árboles de la muestra, los cuales fueron monitoreados durante el periodo 2014-2021 fue de un total de 758.9 t

**Palabras claves:** Biomasa, captura de carbono, inventarios arbóreos, árboles urbanos, funciones alométricas.

## **Abstract**

An urban forest is a place where, among other things, a set of trees surrounded by city structures are housed, which also include individual trees located in all urban or peri-urban areas. In turn, this ecosystem provides various environmental services that are important for the well-being of the population. human population, since they contribute to the conservation of biodiversity, reduce heat islands, improve air quality, absorb Greenhouse Gases (GHG), reducing the effects of climate change. The University of Antioquia at its campus Ciudad Universitario is an area with the presence of an extension of 8.9 ha urban forest that is connected through green corridors with other urban forests such as the Botanical Garden and Cerro El Volador. This urban woodland includes approximately 2,500 tree individuals and 248 palm trees. The present work consists of the field measurement of variables such as the diameter at breast height and the tree height of the selected individuals to be measured in Ciudad Universitario, followed by the estimation of the total biomass using allometric equations for areas of life like the one studied, with the aim of estimating carbon storage in selected urban trees in Ciudad Universitario in the period 2014-2021. Among the results, it was obtained that the most abundant species in the available forest inventories are the mango and the Uruapan, the family with the greatest amount of carbon capture is the Mimosaceae and finally the total carbon captured from the collection in the three hundred trees. of the sample, which were monitored during the period 2014-2021 was a total of 758.9 t

**Keywords:** Biomass, carbon sequestration, tree inventories, urban trees, allometric functions.

## 1. Introducción

Las zonas urbanas han presentado una intensa expansión en las últimas décadas generando un acelerado crecimiento de las ciudades y la conversión de prósperos centros poblados en metrópolis, resultando en una alta densidad poblacional en las zonas urbanas, las cuales deben satisfacer necesidades básicas como conjuntos de vivienda, servicios públicos y transporte (Arroyave-Maya et al., 2019). La alta demanda de recursos en las zonas urbanas deriva en un desequilibrio en el entorno natural de la ciudad, ya que el incremento de la urbanización genera afectaciones ambientales, debido a las alteraciones de las dinámicas medioambientales causadas por la actividad antrópica, fracturando las reglas básicas de conservación y sostenibilidad de los ecosistemas naturales en donde se centran las grandes ciudades (Cantón et al., 2003).

El deterioro y la desaparición de la cobertura vegetal asociado a los bosques urbanos es una consecuencia originada por la expansión de estos asentamientos, que en la actualidad son de interés para contrarrestar los efectos del cambio climático, además su presencia o ausencia tiene influencia en el bienestar y la calidad de la vida humana (Sabogal Dunin Borkowski et al., 2017). Dada la importancia de estos ecosistemas para las grandes ciudades y el mundo en general, es necesario conocer el comportamiento de las especies arbóreas frente a los cambios ambientales y el contexto de las urbes, para potencializar y dar un aprovechamiento óptimo de sus servicios

El Valle de Aburrá cuenta con diversos bosques urbanos, los cuales a su vez permiten la generación de espacios agradables por las comodidades ambientales que brindan. Este arbolado urbano constituye a un recurso vital dentro de la ciudad, en aspectos como el agua, el suelo, el clima, la fauna entre otros (Morales-Soto et al., 2006). Aun así, el Valle de Aburrá dentro de sus dinámicas ambientales presenta episodios agudos de contaminación atmosférica, perjudiciales para los habitantes metropolitanos (Arroyave-Maya et al., 2019), lo cual afecta considerablemente lugares como Ciudad Universitaria.

De ahí el interés del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) en proteger su arbolado urbano, ya que este constituye a una parte fundamental de la estructura ecológica de la zona, a través del funcionamiento de los ecosistemas y la prestación de servicios ambientales (Morales-Soto et al., 2006).

El presente trabajo de grado tiene como finalidad estimar la captura de carbono entre el periodo

del 2014 al 2021 por del bosque urbano de la Universidad de Antioquia en Ciudad Universitaria, ubicado en el nororiente del municipio de Medellín, con la implementación de ecuaciones alométricas halladas en la revisión bibliográfica para determinar su contenido de biomasa en el arbolado seleccionado.

## **2. Planteamiento del problema**

Para el año 2000, el 30% de la cobertura terrestre correspondía a zonas boscosas, hallándose especialmente en los trópicos, seguido de la zona boreal y un por último las regiones forestales subtropicales y templadas (Percy et al., 2003). Esta cubierta de bosques ha cambiado a lo largo de la historia a causa de las intervenciones humanas que son el producto de múltiples perturbaciones medioambientales en la actualidad.

En regiones como América Latina donde la mayoría de las actividades económicas de comercio e industria se desarrollan en las ciudades, tienden a ser regiones propensas a los efectos del cambio climático por su ubicación geográfica, también por las actividades desarrolladas en estos lugares, la pérdida de la estructura forestal urbana y en especial el incremento desproporcionado de las poblaciones, dejando como resultado el aumento de la huella ecológica (Sabogal Dunin Borkowski et al., 2017).

La crisis medio ambiental como consecuencia de la crisis de la sobrevivencia de la naturaleza por los efectos antropogénicos, es tema de interés en los gobiernos mundiales, siendo acogido mediante las reflexiones conceptuales en el rol importante que tienen los espacios verdes en los contextos urbanos. Durante los últimos años se ha incrementado progresivamente la concientización social sobre el cuidado y los innumerables beneficios que tienen los bosques urbanos y todas sus interacciones en los medios ambientales, determinando que el enverdecimiento urbano se ha convertido en una herramienta básica para el mejoramiento de la resiliencia socioambiental (Cantón et al., 2003).

Debido al deterioro de los servicios ambientales en las ciudades, las autoridades ambientales como el AMVA implementan estrategias de conservación y mejoramiento de los espacios verdes en la ciudad, con la finalidad de mitigar los impactos de la urbanización, bajo factores multiculturales,

multifuncionales y de sustentabilidad que participen a la sociedad sobre el interés de preservar el arbolado urbano de este sector (Moreno-Hurtado et al., 2015). Así pues, el cuidado de todo el arbolado urbano del Vallé de Aburrá incluye el bosque urbano del Campus Universitario, componente esencial para las actividades desarrolladas en el. Lo anterior lleva a comprender la importancia de conocer los atributos naturales que puede aportar este ecosistema forestal a la ciudad en especial a contrarrestar los efectos de cambio climático.

Debido a que es precisamente en ese campus en el cual se aloja uno de los bosques urbanos más importantes de la ciudad y es menester de todas las personas que nos beneficiamos del mismo, cuidarlo y conocerlo, para tomar las medidas que sean necesarias, en el mantenimiento de este.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo General**

Calcular la captura de carbono por parte de los árboles de la Universidad de Antioquia en Ciudad Universitaria para el periodo 2014-2021.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Identificar un muestreo representativo de la colección.
- Colectar información secundaria sobre sobrevivencia y crecimiento.
- Calcular tasas de crecimiento y captura de carbono y contrastar con estimaciones de la literatura.

## **4. Marco teórico**

A continuación, se define los principales conceptos relacionados con el ciclo del carbono, la biomasa forestal, el contenido de carbono en bosques y la estimación del crecimiento.

### **4.1. Ciclo del carbono**

El carbono es un componente vital para todos los organismos vivos, puesto que hace parte de los elementos indispensables para el desarrollo de la vida; su disponibilidad no es infinita en el planeta Tierra, por tanto tiene que circular entre sistemas moleculares a sistemas globales continuamente (Montero et al., 2005).

Cuando las plantas finalizan su ciclo de vida toda su estructura física pasa a ser descompuesta por microorganismos presentes en el suelo, la cual hará parte de la materia orgánica rica en carbono; por procesos de descomposición que involucra organismos aeróbicos la materia orgánica sufre transformaciones fisicoquímicas que pueden beneficiar a los demás organismos vivos, como es la liberación de nutrientes conveniente para el crecimiento de otras plantas; además, este proceso también produce liberaciones de dióxido de carbono a la atmósfera por la respiración celular, contribuyendo anualmente al ciclo global del carbono (Lessard et al., 2005).

Los ecosistemas forestales juegan un papel fundamental en el ciclo del carbono, ya que son los encargados principalmente de remover las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera. Sin embargo, en la actualidad con los cambios medioambientales y las actividades antropogénicas se ha generado un desequilibrio entorno a la captura de carbono proveniente de los bosques, enfocados en primera instancia por la deforestación y el ordenamiento territorial (Percy et al., 2003).

### **4.2. Biomasa forestal**

En un ecosistema forestal, cada uno de los productos de la estructura arbórea tienen un ciclo de vida, el cual comienza en el momento de la descomposición de elementos como hojas, ramas, corteza, hojarasca, raíces, entre otros, para finalmente ser parte de la biomasa forestal presente por encima o debajo del suelo (Schlegel et al., 2000).

Para su cálculo en general existen dos tipos de métodos utilizados en proyectos forestales:

- Métodos indirectos: Hacen uso de ecuaciones alométricas o modelos matemáticos que permiten el cálculo correcto de la biomasa del árbol, utilizando variables dendrométricas como el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, crecimiento diamétrico, densidad de madera, etc (Fonseca-González, 2017).
- Método directo o destructivo: Consta en cortar el árbol, pesar la biomasa, incinerar la madera y demás partes del árbol en hornos especiales en los cuales se elimina el contenido de humedad de la biomasa, con lo cual se puede determinar el contenido de carbono en la biomasa (Fonseca-González, 2017).

En esta investigación se implementará el método indirecto, para conservar la colección de árboles en Ciudad Universitaria.

#### **4.3. Contenido de carbono en bosques**

Un bosque constituye a sistema complejo de diversas interacciones medioambientales, siendo su principal actividad la captura de carbono proveniente de la atmósfera a través de la fotosíntesis encargada de producir energía, que posteriormente se convertirá en biomasa forestal mediante procesos de descomposición y respiración que recirculan nuevamente las concentraciones de carbono a la atmósfera, por tanto, los ecosistemas boscosos forman parte de las más grandes reservas y sumideros de carbono en el mundo (Percy et al., 2003). Así, los incrementos de la biomasa forestal, influye en las dinámicas de crecimiento del árbol, por la fijación de carbono en su estructura leñosa, que produce aumento en sus dimensiones. Para estimar esta captura de carbono total en ecosistemas forestales, se debe tener en cuenta los compartimientos, que incluyen:

- Carbono en la vegetación: Es la suma de la biomasa área y subterránea.
- Carbono en descomposición: Es el contenido de la materia orgánica que se encuentra en estado de descomposición.
- Carbono en el suelo: Es el carbono presente en los horizontes del suelo, originado por la fragmentación de la roca madre expuesta.



#### 4.4. Estimación de crecimiento

El crecimiento de los árboles es el resultado de la modificación de variables como: diámetro, altura, área basal y volumen, las cuales, biológicamente, cambian debido a la actividad de los meristemos primarios, que se encargan del crecimiento longitudinal, como la altura y los meristemos secundarios, que dan lugar al crecimiento en diámetro (Diéguez et al., 2003; García, 2009). El crecimiento de un árbol puede presentar variaciones en sus dimensiones, debido a factores genéticos de las especies, por influencia de los factores climáticos, como: temperatura, precipitación, viento, iluminación; por las características físicas, químicas y biológicas de los suelos; por la topografía del sitio; por las diferentes enfermedades o plagas que se presenten; o por la propia competencia con otros árboles y otros tipos de vegetación (Imaña & Encinas, 2008).

Al realizar la evaluación del crecimiento arbóreo, el diámetro es una de las dimensiones que, comparada con otras, su medición es más fácil y precisa (Brown, 1997; Hernández & Castellanos, 2006). Es por esto, que los estudios del crecimiento diamétrico de los árboles tropicales se han basado en estimaciones a partir de mediciones repetidas del diámetro, realizadas en parcelas permanentes de diferente tamaño (Finegan & Camacho, 1999).

Estimar el crecimiento diamétrico de los árboles por medio de modelos determinísticos, ha resultado ser muy importante en campos de la ciencia, como: la biología, la teoría sucesional y la silvicultura, debido a que los modelos, permiten explorar a detalle, la dinámica del crecimiento de un bosque, mejorando de esta forma, el desarrollo de la epidimetría de las especies (GARCÍA, 2009).

En los últimos años, se han desarrollado modelos determinísticos aplicados con éxito en el ajuste del crecimiento, como el de Von Bertalanffy-Richard, el logístico o el de Gompertz (Gutiérrez, 2005). El modelo de Von Bertalanffy-Richards, se emplea para simular aproximadamente, el crecimiento del bosque, comenzando en su etapa transitoria y logrando estimar su turno, el tiempo que los árboles permanecen en cada categoría diamétrica, permite: el estudio de la población, el desarrollo de la productividad de los ecosistemas y estimar los ciclos de corta y los volúmenes explotables permitidos (López Et Al., 1993; Riaño, 2000). Winsor (1932), propuso usar el modelo de Gompertz, para la descripción de fenómenos biológicos y económicos asociados al crecimiento, la curva de este modelo, muestra crecimientos tempranos rápidos, pero con un largo periodo de

crecimiento lineal alrededor del punto de inflexión. Con el modelo logístico, las especies se adaptan de forma instantánea al crecimiento y se aproximan, a la capacidad de carga de forma lenta, se puede aplicar a pocas poblaciones reales, pero es un punto de partida útil, para considerar la forma en que las poblaciones crecen y determinar así, qué factores afectan dicho crecimiento (CAMPBELL & REECE, 2007).

## **5. Metodología**

### **5.1. Zona de estudio**

La actual investigación se llevó a cabo en la Universidad de Antioquia, en su sede Ciudad Universitaria perteneciente al municipio de Medellín ubicado en una zona tropical, con una temperatura media anual que oscila entre los 17.2 °C y 22.1 °C, su régimen de lluvias es bimodal con variaciones de precipitación y sequía en determinados periodos del año. Adicionalmente, debido a su ubicación y condiciones climáticas corresponde a una zona de vida de bosque húmedo premontano (Moreno-Hurtado et al., 2015). La Universidad de Antioquia en su sede Ciudad Universitaria cuenta con un total de 23.4 hectáreas, de las cuales 8.9 hectáreas hacen parte de las zonas verdes de la institución que constituyen a uno de principales bosques urbanos de la ciudad de Medellín (Montoya-Restrepo, 2020), que se conecta por medio de corredores verdes con otros bosques urbanos como el Jardín Botánico y el Cerro El Volador, los cuales pertenecen a la red ecológica de Medellín, que comparten gran biodiversidad de fauna y flora (Jaramillo et al., 2018). El Campus Universitario por su ubicación estratégica, brinda diferentes servicios ecosistémicos a todo el Valle de Aburrá. Este arbolado urbano incluye un aproximado de 2.500 individuos de árboles y 248 especies de palmeras (Montoya-Restrepo, 2020). Esto permite a su vez el desarrollo adecuado de un ecosistema, donde habita y sobresale su biodiversidad, esta diversidad biótica representa especies arbóreas con diversas características particulares, lo que convierte a estos individuos en materia de investigación para evaluar su potencial principalmente en la captura de carbono (C) de la zona estudiada.

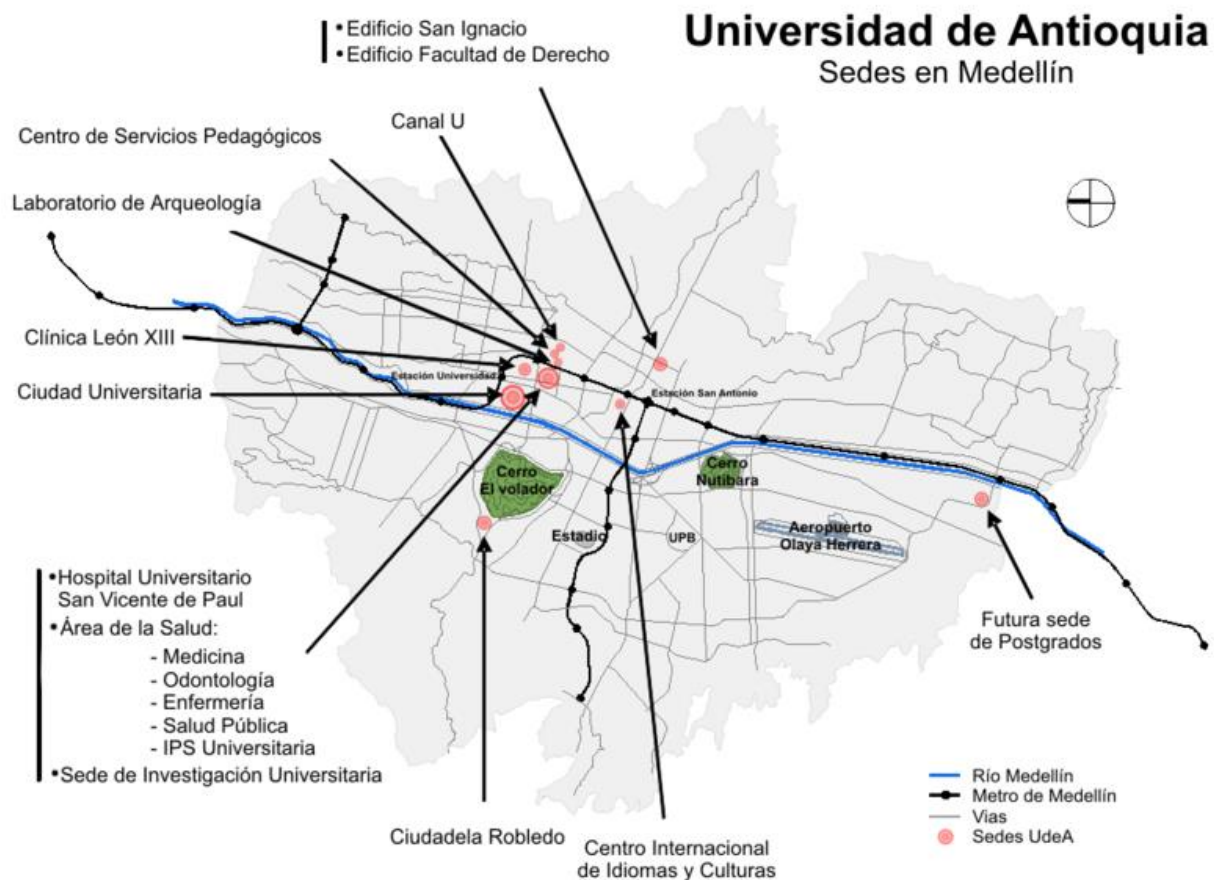


Figura 1. Espacio Público Verde Urbano Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Fuente:(Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), 2010)

En la figura 1, se expone las sedes de la universidad de Antioquia, donde se resalta precisamente el campus de la ciudad universitaria que es el lugar donde se desarrolló la actual investigación.

## 5.2. Selección de individuos

Para determinar los individuos a medir, se consultó la información previamente registrada por el grupo de Investigación Aliados con el Planeta, en el cual se buscaba estimar el almacenamiento de carbono por parte de los árboles del Campus Universitario entre los años 2014 al 2019 , en los cuales se encontró un conjunto de aproximadamente 300 individuos arbóreos medidos por año, estas mediciones se realizaron anualmente con la excepción de los años 2018 y 2020 que no disponen de un registro forestal, este último año debido a la pandemia del Covid-19. Con dicha

información para el año 2021 se realizó nuevamente la medición en campo de 306 árboles y 14 palmeras, incluyéndole además de la variable DAP, la variable de altura del árbol, importante para determinar datos más relevantes en el contenido de biomasa en palmeras. (Anexo N.1)

Esta selección se dio a partir del uso de herramientas de sistemas de información geográfica para identificar cada punto y coordenadas donde están los individuos a medir (Anexo N.1) y además se estableció los siguientes criterios para su selección:

- Distribución equitativa en todo el Campus Universitario.
- Abundancia de individuos en las familias arbóreas.
- Clases diamétricas correspondiente al protocolo de medición RAINFOR (Marthews et al., 2010)

### **5.3. Mediciones en campo**

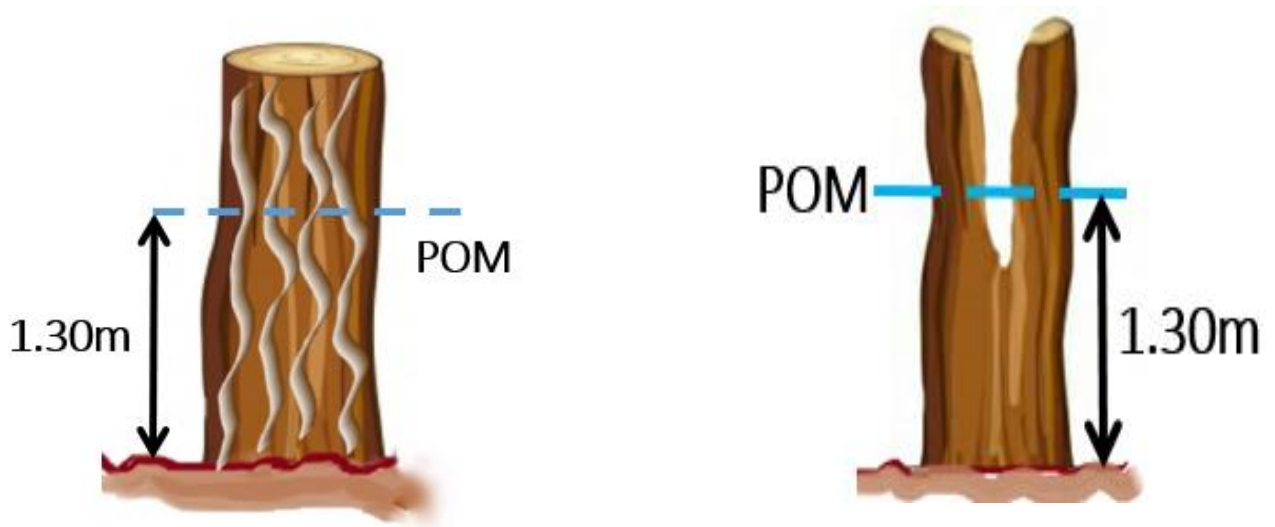
Para llevar a cabo la campaña de medición de los individuos seleccionados como población representativa de la colección en el año 2021 en Ciudad Universitaria, se realizó alrededor de seis días de monitoreo para llevar a cabo la medición de la muestra de 306 individuos. Se midieron las siguientes variables: diámetro a la altura de pecho (DAP) y altura del árbol o palmera. La metodología de medición se basó en los protocolos del Manual de Medición RAINFOR (Marthews et al. 2010), el cual indica de forma detallada las diferentes maneras de cómo se debe medir un individuo arbóreo bajo diferentes condiciones del terreno o características particulares como bifurcaciones o contrafuertes.

Las mediciones forestales consistían en:

- Confirmar la ubicación exacta del individuo y su nombre.
- Reportar la variable DAP (cm) y proceder a marcar el punto óptimo de medida (POM).
- Reportar la variable de altura total (cm).
- Informar las condiciones fitosanitarias del individuo, estados anormales (muerto, no encontrado, difícil acceso y reducción de la medida del DAP), presencia de especie como abejas y demás detalles.

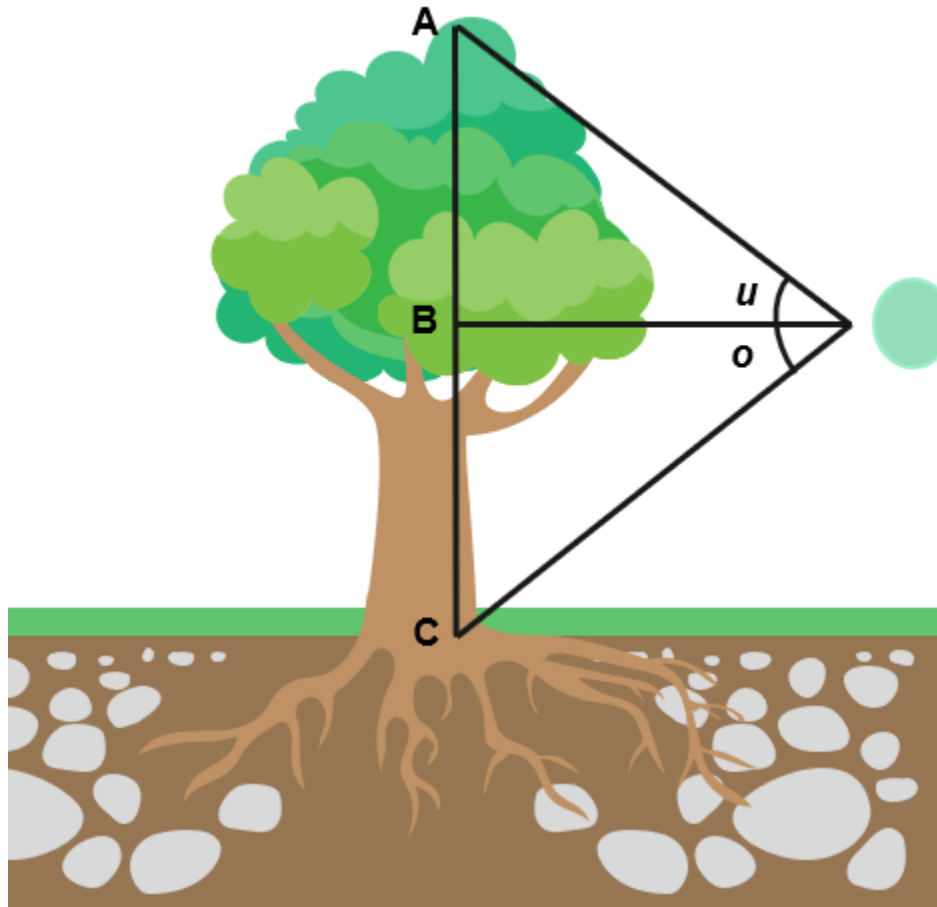
Para actualizar la medida del DAP solo se debía medir los árboles o palmeras cuyo perímetro sea mayor a 31,42 cm o 10 cm de diámetro, para consecuentemente poder definir un punto óptimo de

medida (POM) que está a 1.3 m de altura sobre el suelo, en ese punto (POM) se trazaba una línea en toda la circunferencia del individuo, y luego se procedía a medir con una cinta métrica reportando dicha medida, para finalmente marcar en el POM lo menos invasivamente posible en el individuo con pintura a base de aceite; Para árboles con bifurcaciones se realizaba el mismo proceso, solo sí, la ramificación era mayor a 10 cm de diámetro. La precisión de este ejercicio debía garantizar las mediciones futuras.



*Figura 2. Medición del diámetro a 1.30 m del suelo (DAP): un tallo principal único (izquierda), y un tallo ramificado. Elaboración propia.*

En la figura 3 se muestra la forma en que se hacen las mediciones de tal manera que para incluir la variable de la altura fue necesario la implementación de clinómetros artesanales y relaciones trigonométricas que permitieran la identificación de un valor aproximado de la altura total del individuo. Así, los clinómetros que fueron elaborados por la investigadora permitieron hacer diversas mediciones en el ángulo en grados sexagesimales, con respecto a la vertical en los árboles de la muestra.



*Figura 3. Técnicas de medición de alturas. Elaboración propia.*

En la figura 4, se expone la técnica se utilizó para la medición de las alturas de los árboles de la muestra, por medio de la triangulación y uso de métodos trigonométricos para su resolución. De tal manera que fue posible obtener un estimado de la altura de estos a partir de los datos disponibles previamente.

#### **5.4. Tasa de crecimiento**

Para estimar el crecimiento de cada individuo entre los años 2014 y 2021 se hizo uso del cálculo definido como el cambio del DAP en los determinados periodos dividido el tiempo en años (Condit et al., 2004), a partir de esta información se encontró las tasas de crecimiento para cada individuo, especie y familia, de acuerdo a su tamaño reportado en cada campaña de medición; esta expresión matemática se define de la siguiente manera:

$$\text{Crecimiento (cm/año)} = \frac{DAP_1 - DAP_0}{\text{años}}$$

Donde:  $\text{Años} = \# \text{ días}/365$

En este cálculo se eliminaron los valores negativos y extremadamente grandes, puesto que para el análisis de dichos resultados podrían distorsionar las interpretaciones de crecimiento; además se le atribuye que dichos valores sean errores de la toma de mediciones en campo, por esta razón no se tuvieron en cuenta.

También en el cálculo de la tasa de crecimiento para los inventarios forestales disponibles solo se incluyeron árboles y no palmeras, debido a que solo hubo registro de mediciones de palmas en los inventarios 2019 y 2021.

## 5.5. Estimación de Biomasa

En el presente estudio la estimación de la biomasa área y subterránea se realizó por medio del método indirecto, siendo menos invasivo para garantizar el cuidado del arbolado del Campus Universitario. Para ello fue necesario la búsqueda de ecuaciones alométricas que más se ajustarán a la zona estudiada, como lo fue la investigación realizada en la región de Porce, donde se encontraron ecuaciones alométricas para árboles tropicales en bosques primarios y secundarios, con el objetivo de hallar la biomasa para estimar las cantidades de carbono almacenado en las parcelas seleccionadas para el estudio (Sierra et al., 2007). Así, se emplearon dichas ecuaciones para la estimación de biomasa área y subterránea en Ciudad Universitaria, expresadas matemáticamente de la siguiente manera:

$$\text{Biomasa Área (kg)} = e^{(-2.232)} D^{(2.422)}$$

$$\text{Biomasa Subterránea (kg)} = e^{(-4.394)} D^{(2.693)}$$

## 5.6. Contenido de carbono

Una vez obtenida la información del cálculo de la biomasa total por cada individuo, se procede a aplicar los porcentajes correspondientes al contenido de carbono presente en la biomasa, siendo 45% para árboles, mientras que para palmeras es de 42% (Vlek, 2005).

## 6. Resultados y discusión

### 6.1. Características generales del bosque urbano en el Campus Universitario

Con la información disponible de los inventarios forestales, se identificó que el bosque urbano de la Universidad de Antioquia en su sede Ciudad Universitaria, existe un aproximado de 2500 individuos de árboles y 248 individuos de palmeras, dentro de este registro se evidencia un total de 55 familias y 218 especies, con mayor abundancia de individuos correspondientes a cuatro especies: mango (*Mangifera indica* L.), urapán (*Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh), huesito (*Malpighia glabra* L.) y guayabo (*Psidium guajava* L.) con 253, 106, 80 y 78 individuos respectivamente. Estos resultados de diversidad coinciden con el bosque urbano del Área Metropolitana según Arroyave-Maya et al. (2019), donde los árboles mango y urapán constituyen a ser parte de las más abundantes especies del Valle de Aburrá.

Dentro de este análisis en la siguiente *Tabla 1.* se presentan las siete de las familias con más especies y número de individuos en el Campus Universitario, las demás familias restantes tienen un rango de 7 a 1 especies.

Familia	Esp. Representativa	N científico	N, especies	N individuos
<i>Fabaceae</i>	Cámbulo	<i>Erythrina poeppigiana</i>	21	124
<i>Arecaceae</i>	Palma zancona	<i>Syagrus sancona</i>	18	206
<i>Caesalpiniaceae</i>	Casco de vaca orquídea	<i>Bauhinia variegata</i>	15	130
<i>Myrtaceae</i>	Guayabo	<i>Psidium Magnoliopsida</i>	11	130
<i>Bignoniaceae</i>	Guayacán rosado	<i>Tabebuia rosea</i>	10	189
<i>Mimosaceae</i>	Chiminango	<i>Pithecellobium dulce</i>	9	96
<i>Anacardiaceae</i>	Mango	<i>Mangifera indica</i>	7	299



Tabla 1. Familias arbóreas con mayor número de especies e individuos.

## 6.2. Análisis de variables y datos registrados para la actualización del inventario forestal del año 2021

Se analizaron un total de 306 individuos mediante la medición en campo de variables como el DAP y la altura total del individuo para el año 2021; en estas mediciones se reportaron diámetros cuya medida sobrepasara los 10 cm, para un total de 444 tallos medidos.

Dentro de estas mediciones se encontraron que los árboles con mayor diámetro pertenecen a las especies: Piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb), falso laurel (*Ficus benjamina* L.), eucalipto (*Eucalyptus* sp.) y urapán (*Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh) (Tabla 2.).

Todos los árboles incluidos en el este inventario forestal presentaron condiciones aptas de sobrevivencia con respecto a su estado fitosanitario, medio físico que lo rodea y disponibilidad hídrica y de luz solar.

Inventario Forestal 2021		
Familia	Especie	Diamétero (cm)
Mimosaceae	Piñón de oreja	182.7
	Piñón de oreja	93.9
Moraceae	Falso laurel	112.0
Myrtaceae	Eucalipto	107.6
	Eucalipto	101.2
Oleaceae	Urapán	103.8

Tabla 2. Inventario forestal del año 2021, especies con mayor diámetro registrado.

En la tabla 2, se observa el inventario de las especies con mayor diámetro registrado dentro de la muestra, se aclara que es en la muestra porque seguramente dentro del campus habrá individuos con mayor crecimiento, pero no está registrado, debido a que la medición se ejecutó solo en la muestra y no en toda la población.

### 6.3. Crecimiento diamétrico

#### 6.3.1. Incremento dimétrico por especie entre el periodo del 2014-2021

En el cálculo de la tasa de crecimiento para el periodo 2014 al 2021, se halló que las especies con mayor crecimiento dimétrico corresponden a los ejemplares piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*) y caobo (*Swietenia macrophylla*), quienes reportaron un rango en la tasa de crecimiento de 0.85-4,01 (cm/año) y 2.43-5.98 (cm/año), respectivamente. En la *Tabla 3.* se presentan los diámetros de las especies anteriormente mencionadas y su respectivo diámetro al periodo de tiempo 2014-2021.

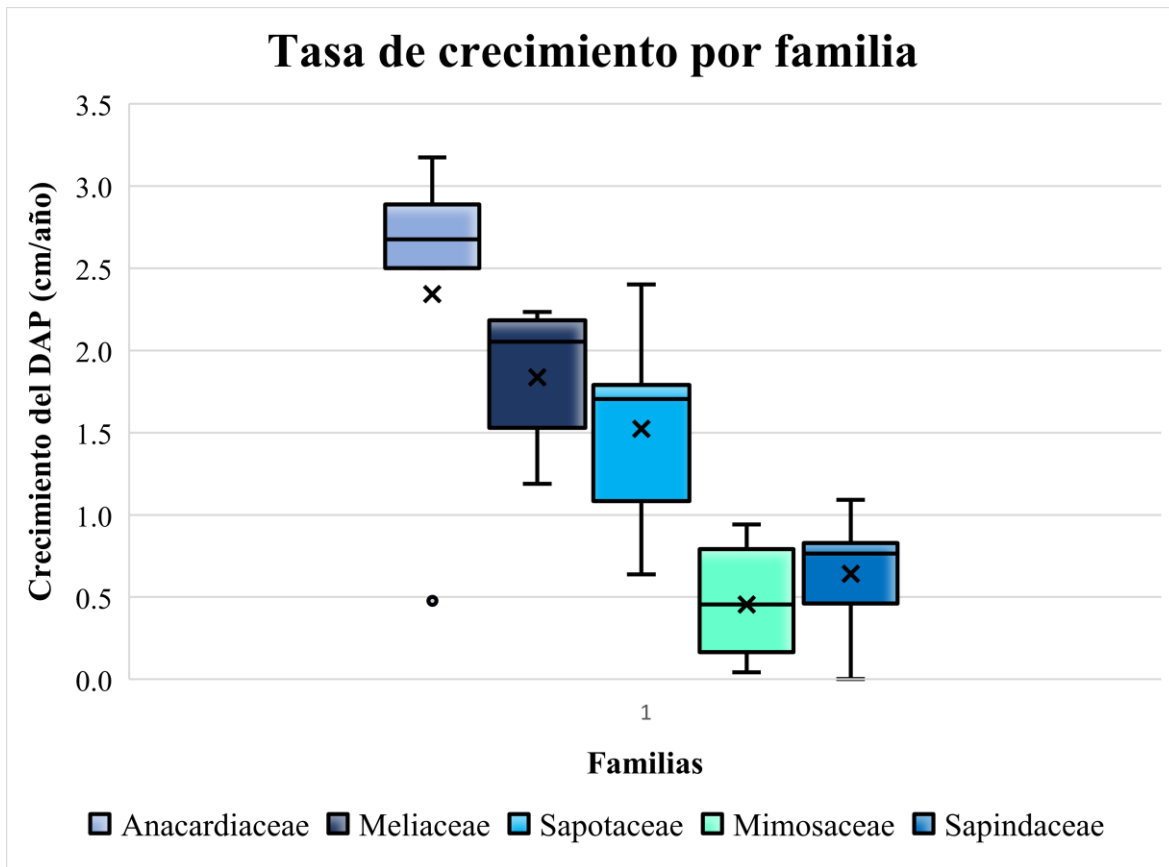
Individuo	Tasa de crecimiento en el DAP (cm/año)					Tasa de crecimiento esperada
	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2019	2019-2021	
Caobo	2.89	3.31	3.22	2.70	5.98	Rápida
Caobo	3.40	4.14	3.93	3.35	2.43	Rápida
Piñón de oreja	0.85	1.53	2.24	1.82	2.04	Rápida
Piñón de Oreja	4.10	4.01	3.98	2.29	3.32	Rápida

*Tabla 3. Especies con mayor crecimiento del DAP*

En ambas especies existe relación con lo consultado en sus tasas de crecimiento, puesto que el crecimiento de la especie piñón de oreja se le atribuye mayormente a factores ambientales relacionados con su ubicación geográfica, el tipo de suelo y las condiciones climáticas del sitio en que se desarrolla, además su crecimiento tiene mejor respuesta frente zonas con mayor altitud y mayor humedad y suelos de textura arenosa-arcillosa y arenosa (Hernández-Hernández et al., 2019), características geologías propias, respecto a los suelos del Vallé de Aburrá (AMVA; Universidad Nacional, 2012). Así mismo, el árbol caobo presenta condiciones de crecimiento similares al piñón de oreja, puesto que su crecimiento depende de una altitud promedio y su desarrollo es más eficiente si el terreno es fertilizado y cuidado (Chinchilla-Mora et al., 2021).

#### 6.4. Incremento dimétrico por familia entre el periodo del 2014-2021

Las familias *Anacardiaceae*, *Meliaceae*, *Sapotaceae*, *Mimosaceae* y *Sapindaceae* presentaron un crecimiento promedio superior en relación con las demás familias (grafico 1); este crecimiento promedio para todas las familias es de 0.44 (cm/año), mientras que el crecimiento medio de *Anacardiaceae*, *Meliaceae*, *Sapotaceae*, *Mimosaceae* y *Sapindaceae* es 2.3 (cm/ año), 1.8 (cm/ año) y 1.5 (cm/ año), 0.46 (cm/año) y 0.6 (cm/ año) respectivamente.



Gráfica 1. Comportamiento de crecimiento para las familias con mayor crecimiento en el periodo 2014-2021

En general la familia *Anacardiaceae* fue la que mayor en crecimiento de diámetro y mayor variabilidad de datos, especialmente por la cantidad de individuos que se midieron en esta muestra, en un total de 42 ejemplares que incluían especies como mango (*Mangifera indica* L.), ciruelo (*Spondias purpurea* L.), falso pimienta (*Schinus terebinthifolius* L.) y caracolí (*Anacardium*

*excelsum* (Bert. Et Balb.) Skeels), árboles que en su madurez se caracterizan por ser altos y voluminosos, como es el caso de la especie mango que puede llegar alcanzar unos 25m en su altura vertical y hasta 2m en su DAP (Parrotta, 1993). En esta muestra hubo un total de 25 árboles de mango con deficiencias, lo que se tradujo en una mayor variabilidad en los datos registrados debido a la presencia de valores atípicos o extremos en la muestra. Con respecto a la familia *Sapotaceae*, que incluye individuos como el níspero costeño según Perozo-Castro et al. (2003) su crecimiento diamétrico es lento, aunque uno de los dos árboles medidos en los inventarios del 2014 al 2021 muestra una tasa mínima de crecimiento de 0,64 (cm/año) y máxima de 2,40 (cm/año), mientras que el segundo su crecimiento no excede los 0,6 (cm/año) durante todo el periodo monitoreado, esta eventualidad de crecimiento en el primer caso se le atribuye posiblemente al estado drenaje del suelo.

## **6.5. Crecimiento en relación con fenómenos naturales**

Para analizar con mayor profundidad el incremento diamétrico, se procede a identificar que perturbaciones ambientales o fenómenos naturales son los que mayormente impactaron el periodo de tiempo estudiado del 2014-2021

### **6.5.1. Fenómeno del Niño 2015-2016**

Para los años 2015 al 2016 Colombia tuvo la ocurrencia de un evento natural del fenómeno Niño, siendo categorizado como uno de los eventos más severos y largos desde 1950, derivando afectaciones ambientales de déficit de precipitación en gran parte de la región Andina en zonas como: Norte de Santander, Santander, Altiplano Cundiboyacense, Antioquia, Boyacá, Huila, montañas de Nariño y Cauca (*Figura 5*). Así mismo, se destaca que, para zonas del Huila, Eje Cafetero, Antioquia, montañas de Cauca, Nariño y Arauca hubo anomalías de temperatura de un aumento de hasta 3.0°C (IDEAM, 2016).

Como se mencionó anteriormente el departamento de Antioquia no fue la excepción ante las variabilidades climáticas consecuentes del fenómeno del Niño, y según las mediciones forestales de Ciudad Universitaria el periodo que menor crecimiento diamétrico reportó fue entre 2015-2016 (*Tabla 4*), donde su tasa de crecimiento promedio fue de 0.54 (cm/año), y de acuerdo con lo explicado se puede evidenciar que el estrés hídrico y las altas temperaturas de esta época influyeron

en el crecimiento de la muestra estudiada. Sin embargo para el periodo 2016-2017 fue la época con el segundo crecimiento diamétrico mayor, esto sucedió debido a que las mediciones se realizaron entre agosto-octubre del año 2016, cuando ya el fenómeno del Niño había finalizado en mayo del presente año (IDEAM, 2016). Además, su crecimiento mayor es consecuencia de las condiciones climáticas “normales” de precipitación para esos meses en que se realizó la medición.

<b>Periodos</b>	<b>Crecimiento promedio en diámetro (cm/año)</b>
<b>2014-2015</b>	0.68
<b>2015-2016</b>	0.54
<b>2016-2017</b>	0.78
<b>2017-2019</b>	0.74
<b>2019-2021</b>	0.82

*Tabla 4. Crecimiento promedio de diámetro en los periodos del 2014-2021*

#### **6.5.2. Fenómeno del Niña 2020-2021**

Durante el mes de septiembre del 2020 se comenzó a evidenciar los primeros pasos del fenómeno de la Niña para esta época, debido a dinámicas anormales de enfriamiento en el Pacífico tropical, seguido de excesivos volúmenes de precipitaciones para noviembre en diversas zonas del país como San Andrés, norte de Magdalena, occidente de Boyacá, sur y noroccidente antioqueño, suroccidente de Cauca, norte de Nariño, centro de Huila, norte de Tolima, occidente de Cundinamarca, centro de Arauca y piedemonte del Meta, donde las lluvias excedían el 40% del promedio de la época. En enero, el comportamiento de precipitación fue constante, algo totalmente atípico en temporada seca, característica climática de ese mes, lo que llevo aumentar la humedad diversos sectores del país. Sin embargo, el fenómeno comenzó a perder fuerzas, en mayo del 2021 donde concluyó (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastre, 2021)

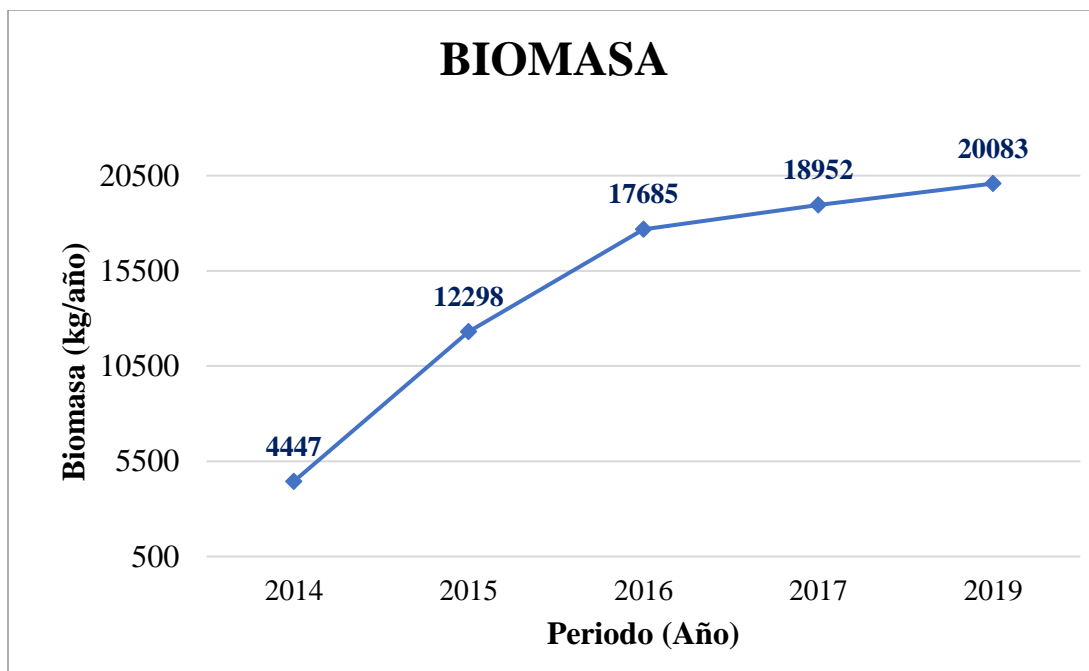
Con lo anterior, el exceso de lluvias producto del fenómeno de la Niña para los años 2020-2021 favoreció el crecimiento del arbolado urbano del Campus Universitario, ya que su mayor tasa de crecimiento diamétrico por año se reportó en la época del 2019-2021, con un valor de 0.82 (cm/año) (Tabla 4.). Esto ayuda comprender que gracias al aumento de precipitación los individuos arbóreos

se beneficiaron de este recurso para poder realizar eficiente su proceso de la fotosíntesis, esencial para su sobrevivencia.

## 6.6. Estimación de Biomasa

Para estimar el total de la biomasa total de la colección se utilizó la ecuación propuesta por Sierra *et al.* ( 2007), desarrollada en bosques naturales que corresponden a la misma zona de vida del campus universitario. Dentro de los resultados encontrados se halló que la biomasa del grupo muestral de árboles en el periodo 2014-2021 fue de un total de 1682.9 t Por otro lado, el año con mayor contenido de biomasa es el 2021 como se esperaba, puesto que fue el año que registro mayor crecimiento diamétrico en sus individuos arbóreos y mejores variabilidades climáticas de la zona.

A continuación, se presenta en la *Gráfica 2.* que muestra el comportamiento de la biomasa total en cada año analizado.

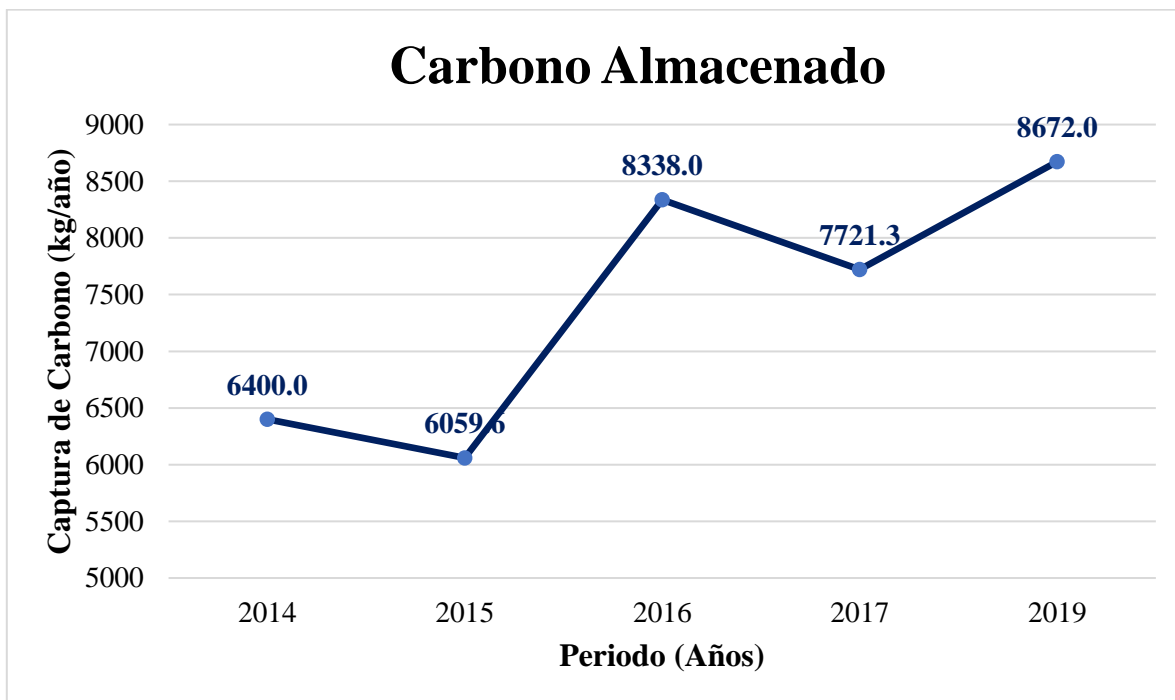


*Gráfica 2. Comportamiento de biomasa vs periodo.*

Para este análisis se identificó que el año que menor biomasa obtuvo fue el 2014, sin ser el año de menor crecimiento diamétrico, este comportamiento se le atribuye a la ausencia de medidas para este periodo, o los valores atípicos que fueron eliminados.

### 6.7. Captura y almacenamiento de carbono

Se analizó el contenido de carbono para el periodo de los años 2014-2021, donde se halló que para este tiempo el bosque urbano de Ciudad Universitaria capturó 758.9 Ton de carbono hasta la fecha. En el análisis se identificó que el año 2015 presenta menor captura de carbono, mientras que el año 2021 nuevamente sigue siendo el año donde mejor productividad de crecimiento y carbono hubo; consiguientemente a la línea de análisis los resultados son los esperados por las razones climáticas anteriormente mencionadas. En la *Gráfica 3* se muestra el comportamiento de captura de carbono en los años estudiados, evidenciando los resultados esperados.



*Gráfica 3. Captura de carbono en el periodo de tiempo 2014-2021*

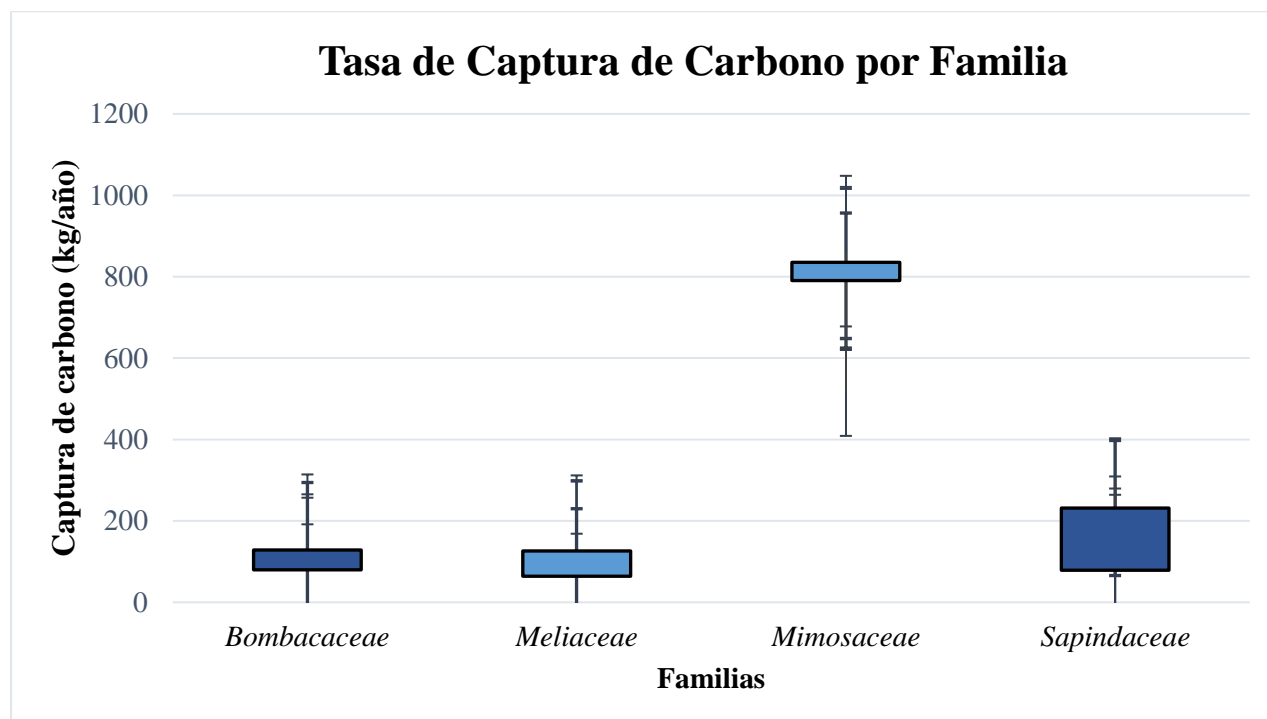
### 6.7.1. Análisis de Captura de carbono por familias y especies

A continuación, se muestran las familias que reportaron mayor captura de carbono en presente en su biomasa (45%), para los años estudiados.

N. Ind	Familia	Tasa total de carbono (kg/año)
15	Mimosaceae	6030.8
13	Bombacaceae	2349.3
7	Sapindaceae	2034.9
8	Meliasaceae	2022.5

Tabla 5. Tasa de Captura de carbono por familia

Aquí, en la *Tabla 5*, se evidencia mayor almacenamiento de carbono para la familia *Mimosaceae* con especies como el piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum (Jacq) Griseb*) y chiminango (*Phithecellobium dulce (Roxb) Benth.*), árboles característicos por su gran tamaño, rápido crecimiento y adaptabilidad a ambientes similares a Ciudad Universitaria. Seguido de la familia *Bombacaceae* que incluyen las ceibas pentandras (*Ceiba pentandra L. Gaertn*), una de las especies más grandes y de rápido crecimiento en la América tropical (China-Rivera, 2000).



Gráfica 4. Tasa de almacenamiento de carbono por familia.



En la *Gráfica 4*. se muestra las familias con mayor almacenamiento de carbono, a excepción de la *Mimosaceae*, puesto que sus valores de captura de carbono excedían el promedio de este almacenamiento en las demás familias, y producía más dificultad para la interpretación de datos, aun así, se puede notar la captura de carbono por estas familias sigue la relación de resultados que se explica en la *Tabla 5*.

Se puede evidenciar que la familia *Mimosaceae* presenta en su tasa de captura de carbono alta variabilidad en sus datos, a razón de las especies incluidas este orden, puesto que hay existencia de árboles como piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum (Jacq) Griseb*).

En la *Tabla 6*. se muestra las especies que más capturaron carbono en su estructura leñosa correspondiente a las familias mencionadas.

Familia	Especies	Tasa de Carbono (kg/año)				
		2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2019	2019-2021
Bombacaceae	Ceiba Pendranta	80.0	72.3	129.3	86.2	128.5
Meliaceae	Cedro	126.5	111.9	115.3	63.0	64.1
<b>Mimosaceae</b>	<b>Piñón de Oreja</b>	<b>835.3</b>	<b>831.0</b>	<b>862.9</b>	<b>514.4</b>	<b>790.6</b>
Sapindaceae	Mamoncillo	78.8	94.9	124.3	297.6	231.7

*Tabla 6. Tasa de captura de carbono para especies con mayor almacenamiento de carbono.*

## 7. Conclusiones

La investigación permitió identificar la que, entre tasas de crecimiento diamétrico, biomasa forestal y captura de carbono, entendiendo que el DAP es una variable importante en un análisis de inventarios forestales, puesto que está incluida en algunas ecuaciones alométricas. Así mismo, es de gran importancia realizar periódicas mediciones a la población muestral para tener un completo registro del estado y crecimiento de los individuos, y por ende cuantificar la biomasa, las tasas de crecimiento y el carbono secuestrado. Estas ecuaciones alométricas usadas en los estudios forestales deben ser cuidadosamente seleccionadas según las condiciones ambientales en el lugar donde se aplicará la ecuación, esto con el fin de que los resultados tengan una relación a lo esperado.

Por otro lado, los fenómenos naturales ocurrentes en los periodos estudiados demostraron que tienen algún tipo de relación con el crecimiento diamétrico de los ejemplares de Ciudad Universitaria, puesto que estos fenómenos medioambientales modifican la limitación de los recursos necesarios que afecta o benefician a su crecimiento; como se evidenció la disminución de las tasas de crecimiento correspondiente a los años 2015-2016 a causa del fenómeno del Niño, mientras que para la época del 2021 con presencia de exceso de eventos lluviosos, la tasa de crecimiento fue la mayor registrada. Además se demostró que la captura y almacenamiento de carbono en el arbolado urbano del Campus Universitario, en los años estudiados, tuvo respuestas coherentes ante estas variabilidades climáticas que condicionan el crecimiento de un individuo arbóreo, pues los resultados siempre dependieron del análisis de fenómenos naturales ocurridos en esa fecha, que aunque en el caso de fenómeno de la Niña no fue de gran intensidad, igual implicó diferencias significativas en el crecimiento de la muestra.

La estimación de captura de carbono se realizó bajo ecuaciones alométricas que permitieran hallar la biomasa forestal de cada individuo seleccionado y así mismo la cantidad total de biomasa en la muestra, teniendo como resultado 757976.5 kg de carbono capturados en la población muestra de la Ciudad Universitaria, cifras que permiten comprender el potencial que tienen estos individuos en disminuir la huella de carbono y mejorar la calidad del aire, no solo de la institución sino también de la ciudad.

Dentro de las especies presentes en el Campus Universitario se hallaron características particulares de crecimiento y captura de carbono, las cuales las convierte en individuos importantes para la restauración o compensación en zonas expuestas a transformaciones negativas (Hernández-Hernández et al., 2019), como lo demostró el árbol piñón de oreja en toda la investigación con un potencial importante, por medio de su almacenamiento de carbono y producción de biomasa forestal, lo que determina que su siembra puede contribuir a la mejora de lugares específicamente del Valle de Aburrá que estén sometidos a grandes cargas de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Finalmente se considera oportuno continuar avanzando en el conocimiento del comportamiento de los árboles en ciudades, con fin de potencializar sus atributos entendiendo las diferencias adaptativas entre especies y familias ante ocurrencia de perturbaciones ambientales, para promover su conservación por medio de estrategias prevención que incluyan la silvicultura urbana y el manejo adecuado de este recurso paisajístico esencial para salud mental y física de las poblaciones circundantes a estos ecosistemas.

## 8. Referencias

- AMVA; Universidad Nacional. (2012). *POMCA C.2 Subsistema Abiótico-Recurso Suelo*. 652.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA). (2010). *Atlas Area Metropolitana Del Valle De Aburrá*. <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>
- Arroyave-Maya, M. del P., Posada-Posada, M. I., Nowak, D. J., & Hoehn, R. E. (2019). Air pollution removal by the urban forest in the Aburra Valley. *Colombia Forestal*, 22(1), 5–16. <https://doi.org/10.14483/2256201X.13695>
- Cantón, M. A., de Rosa, C., & Kasperidus, H. (2003). Sustentabilidad del bosque urbano en el área metropolitana de la ciudad de Mendoza. Análisis y diagnóstico de la condición de las arboledas. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 7.
- Chinchilla-Mora, O., Corea-Arias, E., Meza-Picado, V., & Ávila-Arias, C. (2021). Crecimiento, rendimiento y costos durante los primeros tres años de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) establecida en sistemas agroforestales. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 18(42), 62–73. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v16i42.5540>
- Chinea-Rivera, J. D. (2000). *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. *United States Department of Agriculture (USDA), Forest Service, International Institute of Tropical Forestry (IITF)*, 1–4. <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Ceibapentandra.pdf>
- Condit, R., Aguilar, S., Hernandez, A., Perez, R., Lao, S., Angehr, G., Hubbell, S. P., & Foster, R. B. (2004). Tropical forest dynamics across a rainfall gradient and the impact of an El Niño dry season Richard. *Journal of Tropical Ecology*, 51–72. <http://gem.tropicalforests.ox.ac.uk/files/RAINFOR-GEMmanual.LQ.pdf>
- Farfán, F., Baute, J., Sánchez, P., & Menza, H. (2010). Guamo santafereño en sistemas agroforestales con café. *Cenicafé*, 396, 1–8. <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/339>
- Fonseca-González, 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. [www.revistas.una.ac.cr/ambientales](http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales)
- Hernández-Hernández, M. L., Velasco-García, M. V., López-Upton, J., Galán-Larrea, R., Ramírez-

- Herrera, C., & Viveros-Viveros, H. (2019). Crecimiento y supervivencia de procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* en la costa de Oaxaca, México. *Bosque*, 40(2), 173–183. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002019000200173>
- IDEAM. (2016). *Boletín informativo sobre el monitoreo de los Fenómenos de variabilidad climática “EL Niño” y “La Niña.”* 1–3. <http://www.ideam.gov.co>
- Lessard, R., Gignac, D., & Rochette, P. (2005). El Ciclo del Carbono: Midiendo el flujo del CO<sub>2</sub> del suelo. *Green Teacher*, 3(23), 3–17. <https://greenteacher.com/article/files/elciclodelcarbono.pdf>
- Marthews, T., Metcalfe, D., Malhi, Y., Phillips, O., Huaraca Huasco, W., Riutta, T., Ruiz Jaén, M., Girardin, C., Urrutia, R., Butt, N., Cain, R., Oliveras Menor, I., RAINFOR, & GEM networks. (2010). Measuring Tropical Forest Carbon Allocation And Cycling RAINFOR Field Manual. *A RAINFOR-GEM Field Manual for Intensive Census Plots*, 2. <http://gem.tropicalforests.ox.ac.uk/files/RAINFOR-GEMmanual.LQ.pdf>
- Montero, G., Ruiz-Peinado, R., & Muñoz, M. (2005). Producción de biomasa y fijación de CO<sub>2</sub> por los bosques españoles. In *Monografías INIA* (Vol. 13, Issue JANUARY 2005). [http://libros.inia.es/libros/product\\_info.php?products\\_id=64](http://libros.inia.es/libros/product_info.php?products_id=64)
- Montoya-Restrepo, A. M. (2020). Un pulmón verde para la vida. *Revista Universidad De Antioquia*, 341, 30–39. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/revistaudea/article/view/344631>
- Morales-Soto, L., Varón-Palacios, T., & Londoño-F, J. A. (2006). *Árboles ornamentales en el Valle de Aburrá: Elementos de manejo* (p. 170).
- Parrotta, J. A. (1993). *Mangifera indica* L. Mango. *Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station*, 338–343.
- Percy, K., Robert, J., Hall, J. P., & Lavigne, M. (2003). *El papel de los bosques en ciclo, la captura y el almacenamiento de carbono*.
- Perozo-Castro, R., Ramírez-Villalobos, M., Ballesteros, A., & Rivero, G. (2003). Tiempo de remojo y profundidad de siembra en semillas del patrón níspero Criollo ( Manilkara Soaking time and planting depth of seeding Criollo sapodilla rootstock ( Manilkara zapota ( Van Royen

) ( Jacq ) Gill ) Sapotaceae. *Fac. Agron. (LUZ)*, 20, 10–20.

Sabogal Dunin Borkowski, A., Sylvie, N., Yovita, I., Roca, F., Romo, M., Salmon, G., Soria, C., Summer, P., Suárez de Freitas, G., & Pontificia Universidad Católica del Perú. (2017). Bosque y cambio climático en el Perú. *Instituto de Ciencias de La Naturaleza, Territorio y Energías Renovables*.

Schlegel, B., Gayoso, J., & Guerra, J. (2000). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS MUESTREOS DE BIOMASA FORESTAL*.

Sierra, C. A., del Valle, J. I., Orrego, S. A., Moreno, F. H., Harmon, M. E., Zapata, M., Colorado, G. J., Herrera, M. A., Lara, W., Restrepo, D. E., Berrouet, L. M., Loaiza, L. M., & Benjumea, J. F. (2007). Total carbon stocks in a tropical forest landscape of the Porce region, Colombia. *Forest Ecology and Management*, 243(2–3), 299–309. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.026>

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastre. (2021). *La Presencia Del Fenómeno La Niña (2020-2021) Y Su Influencia En El Clima Reciente Del País*. 6.

Vlek, P. L. G. (2005). *The potential of oil palm and forest plantations for carbon sequestration on degraded land in Indonesia*. September 2006.

## 9. Anexos

### Anexo N.1. Datos de mediciones en campo para la actualización del inventario forestal del 2021

Nombre común	# Árbol	Perímetro 2021 (cm)							Altura (cm)			
		1	2	3	4	5	6	7	Distancia al árbol	Ángulo	Altura de la persona	Altura del Árbol
Abarco	1029	91.0							1000.0	45.0	147.0	1147.0
Abarco	1030	87.0							1510.0	31.0	147.0	1054.3
Abarco	1083	65.8							1030.0	40.0	147.0	1011.3
Acacia amarilla	1489	89.0	89.5	58.5					1060.0	70.0	147.0	3059.3
Acacia amarilla	2249	68.8	35.5						1000.0	49.0	147.0	1297.4
Acacia roja	589	81.5							1200.0	30.0	167.0	859.8
Acacia roja	1754	112.0	113.0						940.0	50.0	147.0	1267.2
Aguacate	909	59.0							957.0	45.0	147.0	1104.0
Aguacate	2256	108.7							893.0	45.0	147.0	1040.0
Aguacatillo	1561	182.0							918.0	70.0	147.0	2669.2
Algarrobo	609	124.0							1990.0	30.0	167.0	1315.9
Algarrobo	1085	97.0							1170.0	40.0	147.0	1128.7
Almendra	71	67.0							830.0	47.0	164.0	1054.1
Almendra	721	105.4							1240.0	36.0	147.0	1047.9
Almendra	1734	120.0							810.0	60.0	147.0	1550.0
Araucaria	1712	155.0							1210.0	50.0	147.0	1589.0
Árbol del pan	1957	126.0							727.0	68.0	147.0	1946.4
Árbol del pan	2190	164.0							1239.0	45.0	147.0	1386.0
Bala de cañón	1350	148.3							788.0	41.0	147.0	832.0
Balso	2033	201.0							637.0	70.0	147.0	1897.1
Bombacacea	1254	122.0							1070.0	55.0	147.0	1675.1
Búcaro	175	251.4							1068.0	59.0	164.0	1941.5
Búcaro	194	118.2	101.2	163.0					846.0	51.0	164.0	1208.7
Búcaro	236	113.8							1050.0	49.0	164.0	1371.9
Búcaro	260	89.8	85.2						1120.0	48.0	164.0	1407.9
Búcaro	574	98.5							847.0	47.0	147.0	1055.3
Cacao de monte	931	70.0							6.6	45.0	158.0	164.6
Cacao de monte	953	107.5	100.6						13.6	30.0	158.0	165.9
Cacao de monte	1674	111.0							757.4	46.0	163.0	947.3
Cadmio	587	42.1							1019.0	25.0	147.0	622.2
Calistemo rojo	1929	100.0							750.0	58.0	164.0	1364.3
Camajón	1170	121.5							1017.0	45.0	147.0	1164.0
Camajón	2195	118.0							1165.0	25.0	147.0	690.2
Cámbulo	2	96.5							1000.0	50.0	164.0	1355.8
Cámbulo	14	139.0							945.0	38.0	147.0	885.3
Cámbulo	17	72.5							920.0	53.0	147.0	1367.9
Cámbulo	81	144.0							760.0	68.0	171.0	2052.1
Cámbulo	332	37.0							10.0	39.0	158.0	166.1
Cámbulo	415	82.5										0.0
Cámbulo	481	91.6							1100.0	37.0	164.0	992.9
Cámbulo	1834	201.0							1130.0	60.0	147.0	2104.2
Caobo	1186	137.6							1120.0	45.0	147.0	1267.0
Caobo	1485	150.0							1060.0	45.0	147.0	1207.0
Caobo	1557	139.9							1060.0	60.0	147.0	1983.0
Caobo	1938	171.9							1230.0	45.0	147.0	1377.0
Caracolí	794	54.4							786.0	35.0	147.0	697.4
Caracolí	1499	129.5							860.0	60.0	147.0	1636.6
Carambolo	273	50.0	49.6						1030.0	28.0	164.0	711.7
Carambolo	707	44.1	48.2						522.0	15.0	147.0	286.9
Carbonero calliandra	253	115.0	116.4						1140.0	49.0	164.0	1475.4
Carbonero calliandra	417	48.4	45.0	61.0	59.0	53.0	32.5				147.0	147.0
Carbonero zorro	715	235.0							1360.0	75.0	147.0	5222.6
Carbonero zorro	922	162.0							630.0	65.0	147.0	1498.0
Carmin	1043	93.0	93.0						930.0	40.0	147.0	927.4
Casco de vaca blanco	196	68.6	193.8						1234.0	55.0	164.0	1926.3
Casco de vaca blanco	259	104.2							1040.0	46.0	164.0	1241.0
Casco de vaca blanco	276	84.0							1413.0	40.0	147.0	1332.6
Casco de vaca blanco	835	38.5	34.5	49.3					770.0	30.0	147.0	591.6
Casco de vaca blanco	891	68.4	76.3						1179.0	45.0	147.0	1326.0
Casco de vaca orquídea	70	44.0	52.0	48.5	64.9				1070.2	40.0	171.0	1069.0
Casco de vaca orquídea	790	114.4							786.0	50.0	147.0	1083.7
Casco de vaca orquídea	1203	241.0	137.0	100.0	104.0				1200.0	40.0	147.0	1153.9
Casco de vaca orquídea	1568	192.0							660.0	50.0	147.0	933.6
Casco de vaca orquídea	2142	95.5							993.0	45.0	147.0	1140.0
Casuarina	1161	184.0							909.0	50.0	147.0	1230.3
Casuarina	1209	219.0							1251.0	45.0	147.0	1398.0
Catape	1677	39.2							359.4	44.0	163.0	510.1
Catape	2258	93.0							918.0	50.0	147.0	1241.0
Caucho Ficus elástica	1261	123.0	129.3						1458.0	35.0	147.0	1167.9
Cedro	261	65.8							1114.0	51.0	164.0	1539.7
Cedro	1950	210.4							2183.0	40.0	147.0	1978.8
Cedro	1952	147.0							1168.0	55.0	147.0	1815.1
Cedro amarillo	507	107.2							1000.0	35.0	164.0	864.2
Cedro güino	1884	106.4							932.0	60.0	147.0	1761.3
Cedro macho	2014	124.0							1974.0	30.0	147.0	1286.7
Ceiba pentandra	130	147.5							663.0	45.0	147.0	810.0
Ceiba pentandra	643	126.5							807.0	30.0	147.0	612.9
Ceiba pentandra	653	58.6							457.0	30.0	147.0	410.8
Ceiba pentandra	1194	194.0							1340.0	45.0	147.0	1487.0
Ceiba pentandra	1934	256.0							1753.0	50.0	147.0	2236.1
Ceiba toliá	1185	86.5							667.0	45.0	147.0	814.0
Ceiba verde	455	175.0							1000.0	40.0	164.0	1003.1
Ceiba verde	1322	135.9							1348.0	45.0	147.0	1495.0
Chiminango	759	187.0	163.0						920.0	67.0	147.0	2314.4
Chiminango	1013	132.0	111.0	113.0	98.0	50.0			1010.0	50.0	147.0	1350.7
Chiminango	1246	110.5							1540.0	22.0	147.0	769.2
Chiminango	1401	300.0							840.0	60.0	147.0	1601.9
Chiminango	2065	58.0	155.0						1326.0	58.0	147.0	2269.0
Chocho	782	101.5							727.0	65.0	147.0	1706.1
Chocho	1985	81.0	104.0						1786.0	35.0	147.0	1397.6

Chumbimbo	214	69.0								565.0	40.0	164.0	638.1
Chumbimbo	1012	254.0								1740.0	40.0	147.0	1607.0
Chumbimbo	2233	85.0								923.0	38.0	147.0	868.1
Ciruelo	115	96.0								489.0	68.0	147.0	1357.3
Ciruelo	278	91.5								1062.0	35.0	147.0	890.6
Ciruelo	683	89.5								572.0	42.0	147.0	662.0
Ciruelo	1610	99.0								935.0	40.0	147.0	931.6
Ciruelo	1727	131.0	93.0							439.0	43.0	147.0	556.4
Ciruelo	1845	53.8								708.0	40.0	147.0	741.1
Ciruelo	2132	113.5								869.0	45.0	147.0	1016.0
Ciruelo mango	1976	84.5								1015.0	40.0	147.0	998.7
Clarisia	1891	88.0								640.0	60.0	164.0	1272.5
Clarisia	1893	175.0								1930.0	60.0	164.0	3506.9
Clusia	2057	64.0	97.8	103.0	60.9					2075.0	30.0	147.0	1345.0
Confite	51	39.5	42.0							678.0	39.0	148.0	697.0
Confite	110	40.3								770.0	28.0	147.0	556.4
Confite	749	58.0								630.0	40.0	147.0	675.6
Confite	761	96.0	109.2							1052.0	48.0	147.0	1315.4
Ébano	1820	153.0								1160.0	60.0	164.0	2173.2
Eucalipto	160	338.0								1490.0	55.0	164.0	2291.9
Eucalipto	172	251.2								1282.0	70.0	164.0	3686.3
Eucalipto	204	317.8								1296.0	59.0	164.0	2320.9
Eucalipto	561	225.0								1304.0	70.0	147.0	3729.7
Eucalipto	2113	220.0								913.0	50.0	147.0	1235.1
Eucalipto citriodora	1288	130.0								1340.0	49.0	147.0	1688.5
Falso laurel	93	207.2								1610.0	61.0	164.0	3068.5
Falso laurel	111	352.0								1380.0	73.0	164.0	4677.8
Falso laurel	133	107.6								1262.0	63.0	147.0	2623.8
Falso laurel	146	186.0								1400.0	58.0	164.0	2404.5
Falso pimiento (1)	65	85.0	84.0	54.0	91.0	209.0				1397.0	41.0	148.0	1362.4
Falso pimiento (1)	521	73.0								550.0	40.0	167.0	628.5
Falso pimiento (1)	539	103.0								1231.0	40.0	147.0	1179.9
Falso pimiento (1)	567	115.4								1971.0	40.0	147.0	1800.9
Falso pimiento (1)	590	98.0								1350.0	45.0	167.0	1517.0
Falso pimiento (1)	618	64.5								840.0	30.0	167.0	652.0
Falso pimiento (1)	1247	109.0	104.0	69.5						1592.0	35.0	147.0	1261.7
Falso pimiento (1)	1258	134.5								1267.0	40.0	147.0	1210.1
Falso pimiento (1)	1718	126.0								710.0	45.0	147.0	857.0
Gualanday	135	58.5	54.0	42.2						667.0	48.0	147.0	887.8
Gualanday	263	96.4	123.5							1060.0	57.0	164.0	1796.3
Gualanday	268	123.2								1024.0	52.0	164.0	1474.7
Gualanday	664	44.4	68.3	57.8	67.0					696.0	41.0	147.0	752.0
Gualanday	714	77.0	81.3							780.0	43.0	147.0	874.4
Gualanday	999	163.0	178.2							1284.6	40.0	163.0	1240.9
Gualanday	1177	120.5	138.0	83.0						1160.0	65.0	147.0	2634.6
Gualanday	1311	85.5	50.3	69.5						746.0	30.0	147.0	577.7
Gualanday	1682	247.4								485.6	51.0	163.0	762.7
Guamo	2082	86.0	65.6	118.5						1330.0	45.0	147.0	1477.0
Guamo bejuco	370	57.0								530.0	30.0	147.0	453.0
Guamo bejuco	1979	119.5								890.0	45.0	147.0	1037.0
Guanábano	889	69.3								18890.0	30.0	147.0	11053.1
Guanábano	1124	54.1											0.0
Guásimo	319	119.6								1643.0	50.0	147.0	2105.1
Guásimo	920	194.3								1349.0	40.0	147.0	1278.9
Guayabo	23	57.3								920.0	43.0	147.0	1004.9
Guayabo	31	77.0	75.1							1310.0	55.0	148.0	2018.9
Guayabo	288	95.7	53.2	31.6						1137.0	30.0	147.0	803.4
Guayabo	340	44.2	32.9							7.5	26.0	158.0	161.7
Guayabo	728	55.0								720.0	52.0	147.0	1068.6
Guayabo	940	47.5	57.5							7.0	50.0	158.0	166.3
Guayabo	1336	82.7								822.0	20.0	147.0	446.2
Guayabo	1414	35.0	40.5	32.5						590.0	35.0	147.0	560.1
Guayabo jaboticaba	1839	45.0								590.0	30.0	147.0	487.6
Guayacán amarillo	60	118.0								486.0	27.0	148.0	395.6
Guayacán amarillo	301	46.2								776.0	40.0	147.0	798.1
Guayacán amarillo	641	51.2								634.0	33.0	147.0	558.7
Guayacán amarillo	669	39.2								550.0	40.0	147.0	608.5
Guayacán amarillo	919	80.2								1349.0	40.0	147.0	1278.9
Guayacán amarillo	1673	85.4								656.4	43.0	163.0	775.1
Guayacán de manizales	66	149.0								1227.2	58.0	171.0	2134.9
Guayacán de Manizales	700	108.5	131.5	94.4						1055.0	66.0	147.0	2516.6
Guayacán de Manizales	1424	89.0								904.0	45.0	147.0	1051.0
Guayacán de Manizales	1458	126.0	147.5							1060.0	70.0	147.0	3059.3
Guayacán de Manizales	1723	90.0								878.0	30.0	147.0	653.9
Guayacán de Manizales	1724	116.0	120.0	127.0						779.0	30.0	147.0	596.8
Guayacán rosado	637	68.0								866.0	26.0	147.0	569.4
Guayacán rosado	773	102.3								807.0	40.0	147.0	824.2
Guayacán rosado	859	113.0								1000.0	50.0	164.0	1355.8
Guayacán rosado	1739	90.4								870.0	44.0	147.0	987.1
Guayacán rosado (1)	2231	65.0								7.2	46.0	147.0	154.5
Huesito	168	38.0	45.0	51.0						400.0	51.0	164.0	658.0
Huesito	515	39.0	31.5							678.0	25.0	164.0	480.2
Huesito	524	40.3	36.8							672.0	20.0	147.0	391.6
Huesito	665	46.6	40.3							695.0	30.0	147.0	548.3
Huesito	710	37.0								444.0	56.0	147.0	805.3
Huesito	711	72.0								590.0	30.0	147.0	487.6
Huesito	1387	33.0	62.3	38.4	40.0	47.3	41.1	61.2		920.0	43.1	147.0	1007.9
Huesito	1588	41.0								500.0	40.0	147.0	566.5
Iguano	1276	94.8								1085.0	45.0	147.0	1232.0
Inchi	2211	68.0	68.2							1064.0	35.0	147.0	892.0



Jagua	1443	70.0							480.0	50.0	147.0	719.0
Jagua	1445	87.0							730.0	60.0	147.0	1411.4
Lluvia de oro	673	38.6							614.0	32.0	147.0	530.7
Madroño	1069	129.5	118.0						1060.0	45.0	147.0	1207.0
Madroño	1970	76.0							1026.0	35.0	147.0	865.4
Majagua	806	136.0							835.0	50.0	147.0	1142.1
Majagua	1438	85.0	66.0						650.0	45.0	147.0	797.0
Mamey	1426	121.0							990.0	48.0	147.0	1246.5
Mamoncillo	178	64.0	66.0						577.0	50.0	164.0	851.6
Mamoncillo	829	144.0	100.0	220.0					1290.0	47.0	147.0	1530.4
Mamoncillo	925	167.0							1437.0	30.0	147.0	976.7
Mamoncillo	1005	163.2							953.0	37.0	163.0	881.1
Mamoncillo	1912	222.0							740.0	76.0	164.0	3132.0
Mandarino	1920	63.0							540.0	50.0	164.0	807.5
Mango	41	74.0	73.0						670.0	52.0	148.0	1005.6
Mango	62	135.0							475.0	38.0	148.0	519.1
Mango	107	83.0							620.0	54.0	164.0	1017.4
Mango	138	68.3	42.3						559.0	40.0	147.0	616.1
Mango	193	48.0							328.0	35.0	164.0	393.7
Mango	295	58.5	58.7	45.5	62.3				776.0	30.0	147.0	595.0
Mango	297	44.0							483.0	40.0	147.0	552.3
Mango	337	49.5	38.5						7.8	30.0	158.0	162.5
Mango	351	73.2	88.4						6.9	28.0	158.0	161.7
Mango	367	103.0	51.7	53.0	65.8				850.0	30.0	147.0	637.7
Mango	385	101.0	77.0						1060.0	50.0	147.0	1410.3
Mango	625	94.4	106.0	120.5					1163.0	55.0	147.0	1807.9
Mango	685	92.3							656.0	35.0	147.0	606.3
Mango	758	67.5							676.0	43.0	147.0	777.4
Mango	811	69.3	67.5						860.0	35.0	147.0	749.2
Mango	818	81.5	65.4						750.0	50.0	147.0	1040.8
Mango	843	93.6	96.8						881.0	38.0	147.0	835.3
Mango	871	103.0							900.0	50.0	164.0	1236.6
Mango	1045	73.0	97.0	72.0	95.5				850.0	25.0	147.0	543.4
Mango	1048	93.0	83.3	64.5	66.5	94.9			920.0	30.0	147.0	678.2
Mango	1237	91.5							724.0	30.0	147.0	565.0
Mango	1385	106.0							870.0	46.0	147.0	1047.9
Mango	1427	51.0	73.0	81.0	51.0				845.0	49.0	147.0	1119.1
Mango	1522	87.1							715.0	40.0	147.0	747.0
Mango	1639	53.5	45.4						460.0	70.0	147.0	1410.8
Mango	1766	81.5							594.0	30.0	147.0	489.9
Mango	2047	207.0							870.0	75.0	147.0	3393.9
Mango matasano	716	150.0	71.6	94.1					1260.0	50.0	147.0	1648.6
Naranja	32	36.0							500.0	50.0	148.0	743.9
Naranja	526	39.0	32.0						649.0	30.0	147.0	521.7
Naranja	1805	61.0							620.0	57.0	164.0	1118.7
Naranja	1837	47.5							708.0	40.0	147.0	741.1
Nispero costeño	936	86.2							12.6	30.0	158.0	165.3
Nispero del Japón	197	52.8							538.0	46.0	164.0	721.1
Nogal cafetero	35	112.0							828.0	29.0	148.0	607.0
Nogal cafetero	990	126.3							673.1	46.0	163.0	860.0
Nogal cafetero	995	52.0							910.6	38.0	163.0	874.4
Nogal cafetero	1442	154.0							1040.0	40.0	147.0	1019.7
Nogal cafetero	2016	125.7							2125.0	40.0	147.0	1930.1
Nogal cafetero	2064	80.0							1645.0	40.0	147.0	1527.3
Palma	2136	53.5							676.0	50.0	147.0	952.6
Palma abanico	2023	123.7							1350.0	50.0	147.0	1755.9
Palma arenga	1320	69.6							970.0	35.0	147.0	826.2
Palma Bismarckia	1074	200.0							1060.0	40.0	147.0	1036.4

Palma de azúcar	281	73.4						928.0	25.0	147.0	579.7
Palma de azúcar	1149	79.4									625.0
Palma de coco	852	111.2						1205.0	38.0	147.0	1088.4
Palma de vino	1896	225.0						1250.0	50.0	147.0	1636.7
Palma manila	1958	59.5						474.0	48.0	147.0	673.4
<b>Palma payanesa</b>	1079	60.0						750.0	40.0	147.0	776.3
Palma real	1108	98.6						969.0	50.0	147.0	1301.8
Palma real	1968	186.0						948.0	50.0	147.0	1276.8
Palma tallo verde	1318	67.2						781.0	45.0	147.0	928.0
Palo cruz	418	87.4	63.0	50.0	58.5	43.0		910.0	41.0	147.0	938.1
Pandurata	1687	77.2	96.0					1271.0	37.0	163.0	1120.8
Pandurata	2005	91.5						1180.0	35.0	147.0	973.2
Pero de agua	2075	95.3						1198.0	50.0	147.0	1574.7
Piñón de oreja	503	294.9						2000.0	39.0	164.0	1783.6
Piñón de oreja	1009	574.0						910.0	60.0	147.0	1723.2
Pomo	1119	84.9	99.9	68.0	49.4			896.0	45.0	147.0	1043.0
Quebrabarrigo	436	75.0						1000.0	46.0	164.0	1199.5
Samán	282	75.8						928.0	25.0	147.0	579.7
Suribio	968	142.0	128.0	135.0	92.0			15.1	40.0	158.0	170.7
Tachuelo	1821	120.0						710.0	59.0	164.0	1345.6
Tamarindo	272	77.3						1030.0	40.0	164.0	1028.3
Teca	461	96.5	60.0	72.0				1000.0	41.0	164.0	1033.3
Terminalia	1286	149.5						1109.0	55.0	147.0	1730.8
Terminalia	2008	176.0						2233.0	38.0	147.0	1891.6
Totumito	1378	39.0	53.1	56.4				830.0	40.0	147.0	843.5
Totumo	739	68.0						490.0	47.0	147.0	672.5
Tronador	1238	85.7						704.0	37.0	147.0	677.5
Tronador	1748	230.0						1060.0	65.0	147.0	2420.2
Tronador	1903	120.0						640.0	30.0	164.0	533.5
Tulipán africano	68	140.0						980.2	63.0	164.0	2087.8
Tulipán africano	95	218.0						1560.0	56.0	164.0	2476.8
Tulipán africano	100	96.0	105.0					985.0	53.0	164.0	1471.1
Tulipán africano	171	76.0						730.0	60.0	164.0	1428.4
Tulipán africano	245	107.6						1140.0	50.0	164.0	1522.6
Tulipán africano	599	76.3						1090.0	45.0	167.0	1257.0
Tulipán africano	993	105.5						659.8	45.0	163.0	822.8
Tulipán africano	1683	146.2						1002.2	52.0	163.0	1445.8
Tulipán africano	1728	112.5						656.0	40.0	147.0	697.4
Urapán	45	126.5						2400.0	48.0	148.0	2813.5
Urapán	64	249.0						1316.0	33.0	148.0	1002.6
Urapán	85	131.2						980.0	52.0	171.0	1425.3
Urapán	121	182.0						974.0	55.0	147.0	1538.0
Urapán	167	110.0						1060.0	58.0	164.0	1860.4
Urapán	187	97.0						940.0	43.0	164.0	1040.6
Urapán	616	107.0						1070.0	50.0	167.0	1442.2
Urapán	666	146.0						870.0	50.0	147.0	1183.8
Urapán	752	326.0						1020.0	70.0	147.0	2949.4
Urapán	788	148.4						933.0	38.0	147.0	875.9
Urapán	830	137.1						1193.0	59.0	147.0	2132.5
Urapán	877	120.0						900.0	30.0	164.0	683.6
Urapán	962	239.0						23.6	40.0	158.0	177.8
Urapán	1139	97.4	134.4								0.0
Urapán	1232	68.5						830.0	40.0	147.0	843.5
Urapán	1284	227.0						1043.0	49.0	147.0	1346.8
Urapán	1392	132.0						896.0	45.0	147.0	1043.0
Vara santa	205	104.8						1160.0	56.0	164.0	1883.8
Vara santa	228	75.6						850.0	54.0	164.0	1333.9
Vara santa	531	80.0						957.0	50.0	147.0	1287.5
Velero	457	83.6	83.6					1000.0	55.0	164.0	1592.1
Virgen de la noche	2134	96.7						910.0	40.0	147.0	910.6
Yarumo	620	72.0						1765.0	50.0	167.0	2270.4
Yarumo	1278	80.6	72.5					1000.0	40.0	147.0	986.1
Yarumo	1799	119.0						740.0	55.0	164.0	1220.8
Yarumo	1902	79.0						1030.0	70.0	164.0	2993.9
Zapote	793	61.3						720.0	45.0	147.0	867.0
Zapote	2251	83.9						678.0	55.0	147.0	1115.3
Zapote negro	465	108.6						700.0	45.0	164.0	864.0

## Anexo N.2 Tasa de crecimiento para las familias entre el periodo del 2014-2021

