

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Determinación de captura de carbono aplicando ecuaciones alométricas en especies forestales de *Schinus latifolius*, *Eucalyptus globulos*, *Vachellia macracantha* y *Pouteria lúcum* en la Universidad Peruana Unión, Lima – Perú

Autores:

Tello Sanchez Guianella Sandy
Vargas Urbano Miqueas

Asesora:

Mg. Iliana Gutiérrez Rodríguez

Lima, abril del 2019

DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Mg. Iliana Gutierrez Rodriguez de la Facultad de Ingenieria y Arquitectura,
Escuela Profesional de Ingenieria Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulada: "Determinación de captura de carbono aplicando ecuaciones alométricas en especies forestales de *Schinus latifolius*, *Eucalyptus globulos*, *Vachellia macracantha* y *Pouteria lúcum*a en la Universidad Peruana Unión, Lima – Perú" constituye la memoria que presenta a los Bachilleres: Guianella Tello Sanchez y Miqueas Vargas Urbano aspirar al Título Profesional de Ingeniero Ambiental, ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, 30 de abril del 2019.



Mg. Iliana Gutierrez Rodriguez

Determinación de captura de carbono aplicando ecuaciones alométricas en especies forestales de *Schinus latifolius*, *Eucalyptus globulos*, *Vachellia macracantha*, y *Pouteria lucuma* en la Universidad Peruana Unión, Lima- Perú

TESIS

Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga
Presidenta



Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio
Secretario



Mg. Joel Hugo Fernández Rojas
Vocal



Ing. Nancy Curasi Rafael
Vocal



Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez
Asesora

Lima, 01 de abril de 2019

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo:

A Dios por estar en cada paso que damos, cuidándonos y dándonos la fortaleza para continuar.

A nuestros padres y familiares quienes son nuestra inspiración y ejemplo a seguir en la vida.

A las personas que han colaborado en el desarrollo de esta investigación.

Agradecimientos

A mi madre y hermana quienes a lo largo de mi vida me han impulsado y apoyado en mi formación académica, creyendo en mis capacidades y habilidades en todo momento.

Al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo por otorgarnos la posibilidad de estudiar la carrera profesional de Ingeniería Ambiental en la Universidad Peruana Unión.

A la Mg. Iliana Gutiérrez Rodríguez quien con su motivación y asesoramiento constante ha logrado que podamos culminar el presente trabajo de investigación.

A los docentes dictaminadores quienes realizaron un trabajo minucioso en el proceso de revisión del presente estudio de investigación.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería Ambiental que nos enseñaron tanto de la carrera profesional como de la vida, impulsándonos a seguir adelante.

A la Gerencia de Servicios de la Universidad Peruana Unión por permitirnos y facilitarnos para la ejecución de campo para el desarrollo de la presente investigación.

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido.....	vi
Lista de tablas.....	ix
Lista de figuras	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRAC.....	xvi
1. CAPITULO I	1
1.1. Identificación del problema.....	1
1.2. Justificación de la investigación.....	3
1.3. Presuposición filosófica.....	4
1.4. Objetivo general	5
1.4.1. Objetivos específicos	5
2. CAPITULO II	6
2.1. Antecedentes	6
2.1.1. Panorama internacional.....	6
2.1.2. Panorama nacional	8
2.2. Marco normativo legal	9
2.2.1. Constitución Política del Perú.....	9
2.2.2. Política Nacional del Ambiente.....	10
2.2.3. Ley Marco sobre el Cambio Climático	10
2.2.4. Ley Forestal y de Fauna Silvestre	10
2.3. Marco teórico	11
2.3.1. Importancia de las especies forestales.....	11
2.3.2. Recursos forestales en el Perú	12
2.3.3. Ciclo de carbono.....	12
2.3.4. Protocolo de Kioto	13
2.3.5. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.....	15
2.3.6. Bonos de carbono	17
2.3.7. Mecanismos de Desarrollo Limpio.....	17
2.3.8. COP20.....	18
2.3.9. Acuerdo de París.....	19
2.3.10. Estimación de la biomasa forestal	20

2.3.11. Captura de carbono	20
2.4. Especies forestales más representativas de la Universidad Peruana Unión	21
2.4.1. Schinus latifolius (Molle chileno)	21
2.4.2. Eucalyptus globulos (Eucalipto)	22
2.4.3. Vachellia macracantha (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger) (Huarango)	23
2.4.4. Pouteria lúcuma (Ruis & Pav.) Kuntze (Lúcuma).....	26
2.5. Marco conceptual	27
2.5.1. Biomasa	27
2.5.2. Carbono	27
2.5.3. Dióxido de carbono	27
2.5.4. Ecuaciones alométricas.....	28
3. CAPITULO III	29
3.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio	29
3.2. Materiales y equipos.....	34
3.3. Descripción de la metodología.....	34
3.3.1. Descripción del proceso de ejecución del proyecto según el flujograma.....	35
3.3.2. Selección de las ecuaciones alométricas.....	38
3.3.3. Recolección de datos de campo.....	40
3.3.4. Cálculo de stocks de carbono en la biomasa objeto de estudio.....	43
3.3.5. Valorización económica.....	45
3.4. Diseño estadístico.....	45
3.4.1. Análisis estadístico.....	45
4. CAPITULO IV.....	47
4.1. Resultados de la investigación	47
4.1.1. Ecuaciones alométricas.....	47
4.1.2. Estadísticos descriptivos	50
4.2. Resultados de la biomasa empleando las ecuaciones alométricas	56
4.2.1. Ecuación alométrica N° 1	56
4.2.2. Ecuación alométrica N° 2.....	57
4.2.3. Ecuación alométrica N° 3.....	58
4.2.4. Ecuación alométrica N° 4.....	59
4.2.5. Ecuación alométrica N° 5.....	60
4.3. Determinación de la biomasa arbórea aplicando la ecuación propuesta por Cuenca et al. (2014)	61

4.4.	Determinación de Stock de carbono	64
4.5.	Estimación de captura de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ eq)	67
4.6.	Valorización económica de la captura de carbono	69
4.7.	Comparación de la biomasa y contenido de carbono entre las especies forestales 73	
4.8.	Discusión	75
5.	CAPITULO V	78
5.1.	Conclusiones.....	78
5.2.	Recomendaciones	79
	REFERENCIAS	80

Lista de tablas

Tabla 1 Materiales y equipos utilizados en el proceso de ejecución del proyecto de tesis.....	34
Tabla 2 Número total de individuos de las especies forestales inventariadas.....	36
Tabla 3 Ecuaciones alométricas generales empleadas para la investigación.....	39
Tabla 4 Estadísticos de ajuste de los modelos alométricas generales probados para la estimación de biomasa total para las cuatro especies forestales	47
Tabla 5 Estadísticas descriptivas del diámetro (cm) en las especies forestales.....	51
Tabla 6 Promedio del diámetro por edad de la especie Pouteria lúcuma	51
Tabla 7 Promedio del diámetro por edad de la especie de Vachellia macracantha	52
Tabla 8 Promedio de diámetro por rango de edad de la especie forestal de Schinus latifolius	53
Tabla 9 Promedio de diámetro por edad de la especie forestal Eucalyptus globulos	54
Tabla 10 Promedio de los diámetros por rango de edad	55
Tabla 11 Cálculo de biomasa total (Kg) por especie mediante la ecuación alométrico N° 1, recomendada por la guía del ICRAF	56
Tabla 12 Biomasa total (kg) por especies a través de la ecuación alométrico recomendada por el INIA	57
Tabla 13 Biomasa total (kg) por plantaciones a través de la ecuación alométrico recomendada por la MINAM	58
Tabla 14 Biomasa total (kg) por plantaciones a través de la ecuación alométrico recomendada por el ONU - RED.....	59

Tabla 15 Biomasa total (kg) por plantaciones a través de la ecuación alométrico recomendada por el WWF	60
Tabla 16 Estimación de la biomasa promedio por árbol de cada especie empleando la ecuación alométricas recomendada por la ONU - RED	61
Tabla 17 Determinación de la biomasa arbórea por hectárea.....	62
Tabla 18 Biomasa arbórea de la especie forestal de Pouteria lúcuma	63
Tabla 19 Biomasa arbórea estimada por edad en la especie de Vachellia macracantha	63
Tabla 20 Biomasa arbórea estimada por edad en la especie forestal de Schinus latifolius	64
Tabla 21 Biomasa arbórea estimada por edad en la especie de Eucalyptus globulos ..	64
Tabla 22 Carbono almacenado en la biomasa y el flujo anual de carbono en la especie forestal de Pouteria lúcuma.....	65
Tabla 23 Carbono almacenado en la biomasa y el flujo anual de carbono en la especie forestal de Vachellia macracantha	65
Tabla 24 Carbono almacenado en la biomasa y el flujo anual de carbono en la especie de Schinus latifolius	66
Tabla 25 Carbono almacenado en la biomasa y el flujo anual de carbono en la especie de Eucalyptus globulos	66
Tabla 26 Estimación de captura de dióxido de carbono por edad para la especie forestal de Pouteria lúcuma.....	68
Tabla 27 Estimación de captura de dióxido de carbono por edad para la especie forestal de Vachellia macracantha	68

Tabla 28 Estimación de captura de dióxido de carbono por edad para la especie forestal de <i>Schinus latifolius</i>	69
Tabla 29 Estimación de captura de dióxido de carbono por edad para la especie forestal de <i>Eucalyptus globulos</i>	69
Tabla 30 Valorización económica por edad de la captura de carbono CO ₂ de la especie forestal de <i>Pouteria lúcuma</i>	70
Tabla 31 Valorización económica por edad de la captura de carbono CO ₂ de la especie forestal de <i>Vachellia macracantha</i>	70
Tabla 32 Valorización económica por edad de la captura de carbono CO ₂ de la especie <i>Schinus latifolius</i>	71
Tabla 33 Valorización económica de la captura de carbono CO ₂ por edad de la especie <i>Eucalyptus globulos</i>	71
Tabla 34 Valor económico anual de las especies evaluadas	72
Tabla 35 Rangos promedio de las especies forestales	73
Tabla 36 Resultados de estadísticos de prueba Kruskal wallis.....	74
Tabla 37 Resumen de prueba de hipótesis	74

Lista de figuras

<i>Figura 1:</i> Diagrama del ciclo de carbono (Riebeek, 2011).....	13
<i>Figura 2:</i> Schinus latifolius (molle chileno), campus de la Universidad Peruana Unión.	22
<i>Figura 3:</i> Eucalyptus globulos (eucalipto), campus de la Universidad Peruana Unión ..	23
<i>Figura 4:</i> Distribución de Vachellia macracantha (Huarango) en el territorio nacional (OSINFOR, 2013).	25
<i>Figura 5:</i> Vachellia macracantha (Huarango), campus de la Universidad Peruana Unión.	25
<i>Figura 6:</i> Pouteria lúcuma (Lúcuma), campus de la Universidad Peruana Unión.....	26
<i>Figura 7:</i> Mapa de ubicación del Proyecto de Investigación. Campus de la Universidad Peruana Unión.....	30
<i>Figura 8:</i> Mapa perimetral del campus de la Universidad Peruana Unión.	33
<i>Figura 9:</i> Flujograma para la estimación de captura de carbono en los sistemas forestales del campus de la Universidad Peruana Unión.....	35
<i>Figura 10:</i> Porcentaje de las cuatro especies forestales inventariadas en la área de estudio.....	36
<i>Figura 11:</i> Etiquetado según las especies	37
<i>Figura 12:</i> Procedimiento recomendado en caso de hallar secciones irregulares (Diéguez et al., 2005).	41
<i>Figura 13:</i> Relación entre diámetro (cm) y biomasa (kg) empleando la ecuación alométrico $B = EXP (-2.289+(2.649*LN(D))-(0.021*((LN(D))^2))$	48
<i>Figura 14:</i> Relación entre diámetro (cm) y biomasa (kg) empleando la ecuación alométrico $B = 0.1184*(D)^{2.53}$	48

<i>Figura 15:</i> Relación entre diámetro (cm) y biomasa (kg) empleando la ecuación alométrico $M=\exp(-1,996+2,32\ln(D))$	49
<i>Figura 16:</i> Relación entre diámetro (cm) y biomasa (kg) empleando la ecuación alométrico $BT=-26,63+0,42*(D)^2$	49
<i>Figura 17:</i> Relación entre diámetro (cm) y biomasa (kg) empleando la ecuación alométrico $BAV=\exp(-0,9563+2,1486(\ln(D))+1,5241\ln(\rho))$	50
<i>Figura 18:</i> Diámetro (cm) por edad del sistema forestal de <i>Pouteria lúcura</i>	51
<i>Figura 19:</i> Diámetro (cm) por edad del sistema forestal de la especie de <i>Vachellia macracantha</i>	52
<i>Figura 20:</i> Diámetro (cm) por rango de edad de la especie <i>Schinus latifolius</i>	53
<i>Figura 21:</i> Diámetro (cm) por rango de edad para la especie <i>Eucalyptus globulos</i>	54
<i>Figura 22:</i> Comparación de los diámetros (cm) por rango de edad entre las especies forestales	55
<i>Figura 23:</i> Biomasa total (kg) por cada especie forestal basado en la ecuación alométrico $Y=\exp[-2,289+2,649*\ln(D)-0,021*(\ln(D))^2]$	56
<i>Figura 24:</i> Biomasa total (kg) por cada especie forestal basado en la ecuación alométrico $BA=0,1184*(D)^{2.53}$	57
<i>Figura 25:</i> Biomasa total (kg) por cada especie forestal basado en la ecuación alométrico $M=\exp(-1,996+2,32\ln(D))$	58
<i>Figura 26:</i> Biomasa total (kg) por cada especie forestal basado en la ecuación alométrico $BAV=\exp(-0,9563+2,1486(\ln(D))+1,5241\ln(\rho))$	60
<i>Figura 27:</i> Determinación de biomasa por hectárea en las diferentes especies forestales	62

Figura 28: Stock de carbono en la biomasa arbórea de la Universidad Peruana Unión 67

Figura 29: Valor económico anual de las cuatro especies forestales evaluadas 72

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue identificar la ecuación alométrica que mejor se ajustó para determinar la biomasa arbórea y así poder valorar económicamente la captura de carbono en especies forestales de *Schinus latifolius*, *Vachellia macracantha*, *Eucalyptus globulos* y *Pouteria lúcuma*. Se empleó la metodología recomendada por la “Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales”, desarrollada por el Centro Mundial Agroforestal (ICRAF). Para ello se realizó el inventario forestal, la cual consistió en la enumeración de cada árbol de manera consecutiva y registrando los datos del diámetro y altura, además, se tomaron las coordenadas geográficas de la ubicación en el terreno de cada individuo arbóreo por especie mediante un GPS. La estimación de la biomasa arbórea se efectuó a través del método indirecto, empleando ecuaciones alométricas propuestas por los autores: Rüginitz, Chacón, & Porro (2009), Gonzales (2011), Návar, Rodríguez, & Domínguez (2013), Cuenca et al.(2014) y WWF (2014). La biomasa resultante para la especie *Schinus latifolius* fue de (3996,09 t/ha), *Vachellia macracantha* (2482,25 t/ha), *Eucalyptus globulos* (1335,89 t/ha) y *Pouteria lúcuma* (50,39 t/ha) y el carbono almacenado de 1998,04 tC/ha, 1329,91 tC/ha, 667,94 tC/ha y 25,20 tC/ha respectivamente. La captura de CO₂ equivalente para *Schinus latifolius* fue de 222,01 tCO₂/ha, *Vachellia macracantha* con 135,42 tCO₂/ha, *Eucalyptus globulos* de 86,87 tCO₂/ha y *Pouteria lúcuma* con 6,16 tCO₂/ha y finalmente el valor económico de US\$ 5414,82/tCO₂/ha/año, US\$ 3302,87/tCO₂/ha/año, US\$ 2118,66/tCO₂/ha/año y US\$ 150,24/tCO₂/ha/año respectivamente. En conclusión, la ecuación alométrica que mejor se ajustó en el estudio, fue la ecuación propuesta por Cuenca et al. (2014), con un coeficiente de determinación (R²) igual a 1.

Palabras claves: ecuaciones alométricas; biomasa arbórea; CO₂ equivalente; valor económico.

ABSTRAC

The objective of this research was to identify the allometric equation that was best adjusted to determine the tree biomass and thus be able to economically value the carbon capture in forest species of *Schinus latifolius*, *Vachellia macracantha*, *Eucalyptus globulos* and *Pouteria lucuma*. The methodology recommended by the "Guide for the determination of carbon in small rural properties", developed by the World Agroforestry Center (ICRAF), was used. To this end, the forest inventory was carried out, which consisted in the enumeration of each tree consecutively and recording the diameter and height data, in addition, the geographical coordinates of the location in the terrain of each arboreal individual per species were taken by means of a GPS. The estimation of the arboreal biomass was made through the indirect method, using allometric equations proposed by the authors: Rüginitz, Chacón, & Porro (2009), Gonzales (2011), Návar, Rodríguez, & Domínguez (2013), Cuenca et al. (2014) and WWF (2014). The resulting biomass for the species *Schinus latifolius* was (3996.09 t / ha), *Vachellia macracantha* (2482.25 t / ha), *Eucalyptus globulos* (1335.89 t / ha) and *Pouteria lucuma* (50.39 t / ha) and the stored carbon of 1998.04 tC / ha, 1329.91 tC / ha, 667.94 tC / ha and 25.20 tC / ha respectively. The CO₂ capture equivalent for *Schinus latifolius* was 222.01 tCO₂ / ha, *Vachellia macracantha* with 135.42 tCO₂ / ha, *Eucalyptus globulos* of 86.87 tCO₂ / ha and *Pouteria lucuma* with 6.16 tCO₂ / ha and finally the value cost of US \$ 5414.82 / tCO₂ / ha / year, US \$ 3302.87 / tCO₂ / ha / year, US \$ 2118.66 / tCO₂ / ha / year and US \$ 150.24 / tCO₂ / ha / year respectively. In conclusion, the allometric equation that was best adjusted in the study was the equation proposed by Cuenca et al. (2014), with a coefficient of determination (R_2) equal to 1.

Keywords: allometric equations; tree biomass; CO₂ equivalent; economic value.

1. CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. Identificación del problema

Actualmente el cambio climático es uno de los principales problemas mundiales. Debido a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y otros Gases de Efecto Invernadero (GEI) generados a partir de las actividades humanas con un impacto perjudicial sobre el equilibrio climático (Rao y Kumar, 2014). Su concentración en la atmósfera se elevó a más de 40% desde la revolución industrial (270 a 400 ppm). Globalmente las emisiones de CO₂ son aproximadamente el 30 Gt/año, lo que crea un desequilibrio en el ciclo natural del carbono con un aumento de 2 ppm/año. A causa del uso extensivo de combustibles fósiles, en el año 2010 las emisiones de GEI fueron 2.69 veces más altas que en 1980, siendo en la actualidad 3.61 veces más altos que hace tres décadas (Abas y Khan, 2014). Este incremento del nivel de emisiones de los GEI acrecienta el cambio climático y sus consecuencias (Borras, 2013). Debido a que el cambio climático no ha llegado a ser prioritario como el tema del comercio, existe una serie de limitaciones que dan como resultado un pausado progresión en la cooperación ambiental (Ocman, 2015). Según el reporte del Banco Mundial, en el Perú las emisiones de CO₂ en 1960 fue de 0,8 y se han incrementado en un 2 toneladas métricas per cápita para el año 2014 que fue de 1.9 toneladas métricas per cápita (Grupo Banco Mundial, 2019).

Los desafíos del cambio climático se pueden superar de manera efectiva mediante la captura de carbono a través de especies forestales. En este sentido la captura de carbono es verdaderamente una estrategia que permite sacar provecho ecológico y económico. Mejora la producción de la biomasa y reduce la tasa de enriquecimiento del CO₂ atmosférico al compensar las emisiones de combustibles fósiles (Sheikh, Skinder, & Ganai, 2014). Por tanto, las especies forestales al ser captadoras netas de carbono son parte del beneficio ambiental.

Estas, mediante la fotosíntesis tienen la capacidad de convertir la energía solar en energía química, y la reducción de las sustancias orgánicas por medio de los elementos inorgánicos. Siendo así, el proceso de la fotosíntesis, donde los árboles secuestran el dióxido de carbono de la atmósfera, liberando el oxígeno y posteriormente el carbono se mantiene almacenado en los componentes de la planta (Prado, 2015).

Las emisiones de CO₂ constituyen una forma de falla de mercado de carbono, porque los países que emiten dióxido de carbono en altas concentraciones, no se hacen responsables de pagar por los daños de manera que se produce una caída drástica en el bienestar de los ciudadanos. (Cairns y Lasserre, 2004) aseguran que existe una potencial contribución de los bosques y recursos forestales a aportar la reducción de las emisiones de CO₂, pero no se materializará a menos que las acciones para realizarla se desempeñen correctamente.

El Perú está comprometido a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en 30%, debido a que este aumento de GEI, resultan provenientes de la tala indiscriminada en los bosques, siendo indispensable realizar acciones específicas y activas contra el crecimiento de la deforestación y así evitar el incremento del calentamiento global (Pécastaing, Dávalos, y Inga, 2018). La Amazonia peruana anualmente emite a la atmósfera 37,5 millones de toneladas de CO₂ considerándose un promedio de 150 t/ha generados por la quema de bosques amazónicos. El valor de una tonelada de carbono calculado contenido es de 5 dólares, siendo un promedio de 750 dólares por hectárea. Entonces el valor total calculado de captura de carbono en los bosques de la Amazonia tendría una suma de 46 500 millones de dólares. Por tanto, nuestro país posee ventajas para la conservación de los bosques, sea evitando la quema forestal y dando valor a los bosques en pie (Hurtado, Trivelli y Brack, 2000).

En los últimos años han sido las instituciones peruanas no gubernamentales y privadas de los gobiernos regionales y locales, que han adoptado medidas de estimación para

determinar carbono en las distintas regiones y en los diversos bosques nacionales. Siendo las mejores iniciativas en las regiones de Cusco, Madre de Dios y San Martín, en donde ha habido mayor progreso de recolección de datos informativos acerca de inventarios forestales dando indicio de existencia de carbono en estas regiones (MINAM, 2014)

En la actualidad existen escasos estudios referentes a la captura de carbono realizados en el distrito de Lurigancho, por tanto, se desconoce el valor potencial de contenidos de carbono de las especies de *Schinus latifolius* (Molle Chileno), *Eucalyptus globulus* (Eucalipto), *Vachellia macracantha* (Huarango) y *Pouteria lúcumá* (Lúcuma). Así mismo es necesario parametrizar los modelos alométricos existentes para cada especie. En tal sentido el presente proyecto de investigación cumple con el objetivo de emplear ecuaciones alométricas con el propósito de determinar y dar a conocer la cantidad de carbono capturado en la biomasa arbórea de las cuatro especies forestales dentro del Campus de la Universidad Peruana Unión en las condiciones atmosféricas de la zona de estudio.

1.2. Justificación de la investigación

La presente investigación aporta conocimiento en relación del potencial de captura de carbono de las especies forestales de *Schinus latifolius*, *Eucalyptus globulus*, *Vachellia macracantha* y *Pouteria lúcumá*. Estas especies forestales tienen una importancia ecológica por su capacidad de secuestrar carbono, además, son una fuente de preservación de la biodiversidad, por otro lado, son fuente de identidad paisajística. Por ello se fomenta el adecuado desarrollo forestal sustentable como medio de pago de servicios ambientales y de mercado que se genere a través de los mecanismos de desarrollo limpio, en contribución a lo establecido por el Protocolo de Kioto en la reducción de emisiones de dióxido de carbono. También se justifica metodológicamente el presente estudio al ser un instrumento de recolección de información en el que se obtendrá datos de modelos alométricos y estadísticos de las especies forestales, por otro lado, el costo y los materiales para la ejecución de un

proyecto como esta es viable sin el requerimiento de un alto presupuesto y materiales y equipos sofisticados.

Por otro lado, contribuirá con información académica para futuros programas y proyectos que promuevan la reducción de emisiones producidas por la deforestación apoyando su preservación e incremento de las reservas de carbono forestal del campus de la Universidad Peruana Unión, y así minimizar el cambio climático, proporcionando un mundo enfocado en el crecimiento bajo en emisiones.

Los escasos estudios sobre biomasa y contenido de carbono de las especies estudiadas en el Distrito de Lurigancho han promovido el interés de la investigación. Por lo tanto, el propósito de esta investigación es determinar el stock de carbono almacenado en las especies forestales seleccionadas las mismas se encuentran en el campus universitario. A través de esta investigación se desea proporcionar material académico para próximas investigaciones con las mismas especies o también podría servir de canal para realizar estudios con otras especies presentes en el campus universitario, tales como: realizar un estudio sobre la huella de carbono como medida del impacto a las diversas actividades académicas, con la cual se podría promover que la organización pueda alcanzar condiciones de carbono neutrales en los próximos años, generando mecanismos conducentes a la forestación de espacios que aún no están forestadas, aprovechando las potencialidades con las que cuenta la universidad, que lejos de debilitar el patrimonio de la organización, las fortalece.

1.3. Presuposición filosófica

“Nada tiene tanto poder para ampliar la mente como la capacidad de investigar de forma sistemática y real todo lo que es susceptible de observación en la vida”. (Aurelio, 1558)

Lipovetsky (2015) afirma: "Se da mucha importancia a la concienciación individual, pero confía más en la inteligencia del hombre para encontrar las tecnologías que permitirá un desarrollo y un consumo menos destructivo"

El hombre siendo un ser racional es quien genera impactos perjudiciales al ambiente. Sin embargo, tiene la capacidad de crear soluciones y tomar decisiones positivas con el fin de remediar los daños ocasionados, por los impactos negativos que afecta a su entorno. Es importante emplear la parte racional que el hombre tiene para potenciar el manejo adecuado en el aprovechamiento de los recursos forestales y poder así lograr un medio ambiente equilibrado que ayude a conservar la calidad de vida en nuestro planeta.

1.4. Objetivo general

Identificar la ecuación alométrica con mejor ajuste (R^2) considerando las condiciones climáticas en la zona de estudio para determinar la captura de carbono en especies forestales de *Schinus latifolius*, *Vachellia macracantha*, *Eucalyptus globulos* y *Pouteria lúcuma* en la Universidad Peruana Unión, Lima- Perú.

1.4.1. Objetivos específicos

- Determinar la biomasa arbórea de las especies forestales: *Schinus latifolius*, *Eucalyptus globulos*, *Vachellia macracantha* y *Pouteria lúcuma*.
- Determinar el contenido de carbono de las especies forestales: *Schinus latifolius*, *Eucalyptus globulos*, *Vachellia macracantha* y *Pouteria lúcuma*.
- Determinar la captura de CO_2 equivalente de las especies forestales: *Schinus latifolius*, *Eucalyptus globulos*, *Vachellia macracantha* y *Pouteria lúcuma*.
- Valorizar económicamente la captura de CO_2 equivalente en las especies forestales: *Schinus latifolius*, *Eucalyptus globulos*, *Vachellia macracantha* y *Pouteria lúcuma*.

2. CAPITULO II

REVISION DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Panorama internacional

El cambio climático global como resultado de la emisión antropogénica de gases de efecto invernadero (GEI) ha atraído una gran atención por parte de la comunidad internacional (Yi et al., 2018). Se ha convertido en una preocupación social y política importante en los últimos años, principalmente como resultado de las advertencias científicas (Bailey y Revell, 2015). Con efectos potenciales sobre la salud humana y la mayoría de ellos probablemente sean adversos con efectos directos e indirectos (Haines, 2001).

El uso de la biomasa forestal para la producción de bioenergía libera carbono almacenado a la atmósfera, pero puede evitar la liberación de carbono histórico de la quema de combustibles fósiles. La idea de utilizar la gestión de los bosques para mitigar el cambio climático fue presentada en la década de 1970. Veinte años después, el gran potencial de la gestión de bosques se enfatizó y se resume en las evaluaciones del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (Klapwijk et al., 2018).

En un estudio realizado en los bosques de América del norte dieron como resultado el relativo potencial de mitigación de gases de efecto invernadero a bajo costo. Sin embargo, el secuestro bruto y el potencial económico neto de los proyectos de carbono forestal resultan muy variable. Los estudios demuestran que tanto el clima como las formas de impacto, especialmente los incendios forestales, juegan un papel importante en el almacenamiento de carbono a largo plazo. Igualmente muestran que la capacidad de los bosques para capturar carbono es parcialmente determinado por la composición de la especie (Foley, Richter y Galik, 2009). A pesar de la ausencia de regulación nacional en América del Norte en cuanto a las

emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), hicieron que las regiones se hayan esforzado en crear sus propias iniciativas. Son ejemplos de tales esfuerzos: La Iniciativa Regional Greenhouse Gas (RGGI), el Acuerdo de Reducción de Gases de Efecto Invernadero del medio oeste (MGGRA), y la Iniciativa Climática del Oeste (WCI). Además, las potencias del mercado han comenzado a exigir a las empresas a mitigar su impacto climático por razones de relaciones públicas, incluso en ausencia de una legislación formal (Foley et al., 2009).

La necesidad de reducir las emisiones de carbono ha aumentado la inversión en el secuestro de carbono en bosques, particularmente en los países en desarrollo como China, Japón, etc; tomando lo establecido por el protocolo Kioto (Pachauri y Reisinger, 2007). Filipchuk, Moiseev, Malysheva y Strakhov (2018) aseguran que las especies forestales son la forma más eficaz y ecológicamente favorable de absorción de CO₂ y el aumento de los sumideros de carbono en los ecosistemas terrestres para mitigar el calentamiento global y comenzando la restauración ecológica. La tasa de forestación de China es la más alta del mundo, y contribuye significativamente al secuestro de carbono de la nación.

En la Universidad VIT Vellore, India se realizó el cálculo de la biomasa aérea por los investigadores (Mary Saral, Steffyselcia y Devi, 2017) usando un método no destructivo la cual incluye la medición de la altura y el diámetro del árbol. La altura se calculó utilizando una Estación Total y el diámetro se calculó usando una cinta métrica. Los resultados obtenidos se utilizaron para predecir el almacenamiento de carbono. En veinte muestras de *Millingtonia hortensis*, conocido comúnmente con el nombre de árbol de corcho, el carbono capturado fue de (52.583 kg/árbol) respectivamente.

En el año 2010, la ciudad de México registró en el inventario nacional de GEI un total de emisiones de CO₂ de 493,45 Mt, contribuyendo así con 65.9% al inventario total y teniendo un aumento del 23.6% en comparación con periodo de 1990. En el mismo año se realizaron

estudios forestales para la captura y emisión de dióxido de carbono de tres especies (*Buddleia cordata*, *Senecio praecox* y *Echeveria*) ubicados en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Juan Ángel. El muestreo de CO₂ se realizó durante el período seco (febrero, marzo, abril y noviembre) y temporadas lluviosas (julio a octubre). El intercambio de CO₂ entre la especie y la atmósfera se estimaron utilizando los valores promedio de la tasa fotosintética, población de plantas y área foliar de cada planta durante tres horarios en ambas temporadas (seco y lluvioso) El estudio resulto viable para posteriores investigaciones en la mitigación del cambio climático mediante la contribución de las plantas estudiadas al ciclo de carbono de un ecosistema ubicado dentro de un área urbana, y la relación de variables ambientales tales como la temperatura, densidad del flujo fotosintético y humedad relativa en la captura de carbono (Sánchez et al., 2016).

Por último, Diédhiou et al. (2017) afirma que el método alométrico tiene una precisión aceptable. Y se utiliza comúnmente en los inventarios forestales y estudios ecológicos. Se basa en el desarrollo de las ecuaciones o modelos matemáticos para predecir la biomasa de los árboles y sus componentes dimensionales de los árboles. Varios estudios han explorado la alometría y el potencial de secuestro de piñón de tempate en Benin, Burkina Faso y Mali. En Senegal, no hay ecuaciones alométricas establecidos para las estimaciones de valores de piñón de tempate. Además, es bien sabido que las ecuaciones alométricas influenciadas tanto por las condiciones ecológicas de los sitios de crecimiento del árbol y las prácticas de gestión (por ejemplo, la poda intensiva, la frecuencia de monte bajo, la fertilización).

2.1.2. Panorama nacional

En el ámbito nacional, las investigaciones que se realizaron con respecto a la captura de carbono destacan más en áreas extensas, por ello la mayoría de las investigaciones se realizaron en las regiones montañosas por poseer gran cantidad y diversidad de especies vegetativas. Tal es el caso de las investigaciones en la región de Madre de Dios (Martel y

Cairampoma, 2012). Con la finalidad de identificar los niveles de acumulación de carbono en las áreas pobladas de especies vegetativas, así como identificar las áreas con potencialidad para el financiamiento de la absorción de carbono y otros servicios eco-sistémicos. Como resultado se estimó alrededor de 11 millones de dólares americanos por el valor de la vegetación de la zona de estudio. En tanto, Gratelly y Muñoz (2014) realizaron una investigación dentro del campus de la Universidad de la Amazonia Peruana en la región de Loreto, para estimar la cantidad de carbono, así como los valores de dióxido de carbono en algunas especies arbóreas. La metodología no destructiva fue la empleada en la investigación con una población de 150 individuos forestales y como resultado se obtuvo un total de 38.66 tC/ha, que representa 141 tCO₂/ha equivalente.

Además, de las investigaciones realizadas en áreas extensas, se ha constatado que también en el Perú se ejecutaron investigaciones en áreas urbanas, tal es el caso del distrito de Punchana, Iquitos. Con el objetivo de proporcionar un valor económico al servicio ambiental del secuestro de dióxido de carbono de la especie *Terminalia Catappa* L. "Castaña". Se cuantificó un valor económico de ES\$ 1×10^{-4} tCO₂/m², del total de 172 individuos de la especie en estudio (Ampuero, 2010).

2.2. Marco normativo legal

2.2.1. Constitución Política del Perú

Publicado el 30 de diciembre de 1993. Es la máxima ley que organiza los poderes del Estado y sus alcances, y garantiza derechos fundamentales. Establece que los recursos naturales renovables son patrimonio de la nación. Precisa que el estado está obligado a promover la conservación de la biodiversidad biológica.

2.2.2. Política Nacional del Ambiente

Mediante el Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, se presenta una estructura para la gestión ambiental en base a cuatro ejes temáticos esenciales, respecto de los cuales se establecen lineamientos de política que se orientan a alcanzar el desarrollo sostenible del país:

- Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica.
- Gestión integral de la calidad ambiental.
- Gobernanza ambiental.
- Compromisos y oportunidades ambientales internacionales

2.2.3. Ley Marco sobre el Cambio Climático

Ley N° 30754, promulgado el 17 de abril del 2018. Establece el marco legal e institucional para reducir la vulnerabilidad del cambio climático, generando y ejecutando medidas de aprovechamiento bajo en carbono. Cumpliendo con los compromisos internacionales por el Estado peruano frente a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

2.2.4. Ley Forestal y de Fauna Silvestre

Ley N° 29763, publicado el 22 de agosto del 2011. Establece el marco legal para regular, promover y supervisar la actividad forestal y de fauna silvestre. Señala al SERFOR como la Autoridad Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, encargada del inventario nacional y valoración de la diversidad forestal y de fauna silvestre.

2.3. Marco teórico

2.3.1. Importancia de las especies forestales

Con su ratificación del Protocolo de Kioto, muchos países han establecido bosques en tierras que antes no contaban con bosques con el objetivo de compensar las emisiones de los gases de efecto invernadero (Whitehead, 2011). Como una de las estrategias de mitigación del cambio climático más propuestas es la captura de carbono por parte de la vegetación. Esto depende de la tasa de absorción y transformación de carbono en la biomasa (Powell, Nanni, Názaro, Loto y Gasparri, 2018). Los bosques tienen la capacidad de absorber CO₂ y aumentan la capacidad de absorción de la radiación solar, con efectos contrastantes en la temperatura global (Rotenberg y Yakir, 2010). Además cumplen un papel fundamental en el equilibrio climático global y en el mantenimiento del ciclo global del carbono (Das y Singh, 2012). Muchas de las amenazas más apremiantes para los bosques son el resultado de interacciones entre múltiples factores estresantes y requieren una gestión en grandes escalas espaciales y temporales (Fischer, 2018).

Las influencias de los bosques sobre el clima van mucho más allá de los beneficios del secuestro de carbono en el bosque. Giffen et al. (2017) muestran ejemplos de otras formas en que los bosques pueden mitigar el cambio climático. Se podrían obtener mayores reducciones en las emisiones de los gases de efecto invernadero mediante el aumento del uso de la madera en la construcción como sustituto de otros materiales de mayor contenido de carbono. El uso de la madera como material de construcción alternativo, reduce las cargas de carbono atmosférico más que simplemente almacenar más carbono en esos mismos árboles.

La información de la productividad del ecosistema forestal puede evaluarse a través de la evaluación de la biomasa. La evaluación de la biomasa forestal ayuda a comprender los recursos y los cambios en el ecosistema forestal. También es importante para conocer la

cantidad de carbono secuestrado por un bosque, ya que el 47.5 – 50% de la biomasa forestal seca es carbono (Das y Singh, 2012).

2.3.2. Recursos forestales en el Perú

SERFOR (2017) legitima que el Perú forma parte de los diez países con mayor cobertura forestal a nivel global y el segundo en América Latina después de Brasil. La vegetación en las costas peruanas se encuentra en gran medida en dos tipos de comunidades: ribereñas y lomas. La vegetación ribereña está restringida a los valles de los ríos que drenan desde los andes donde los flujos son suficientes para alcanzar las costas (Veblen, Young y Orme, 2007). Estas áreas son espacios abiertos para el uso público y además forman parte de las reservas naturales (Nieuwland y Mamani, 2017). Tal es el caso de la cuenca del río Rímac en donde también está ubicado el campus de la Universidad Peruana Unión obteniendo la posibilidad de acceder al recurso agua se han desarrollado forestaciones a lo largo su vida institucional, por ello hoy en día se cuenta con un gran número de especies que se han podido adaptarse dentro del campus universitario.

2.3.3. Ciclo de carbono

El carbono es la columna vertebral de la vida en la tierra. Estamos hechos de carbono, comemos carbono y nuestras civilizaciones (la economía, el transporte, las viviendas, etc.) están construidas en base al carbono, es la base de toda la vida en la tierra y la fuente de la mayoría de la energía consumida por la civilización humana. Es el cuarto elemento más abundante en el universo. La mayor parte del carbono de la tierra aproximadamente cerca de 65500 billones de toneladas métricas se almacena en rocas. El resto está en el océano, la atmosfera, las plantas, el suelo y los combustibles fósiles (Riebeek, 2011).

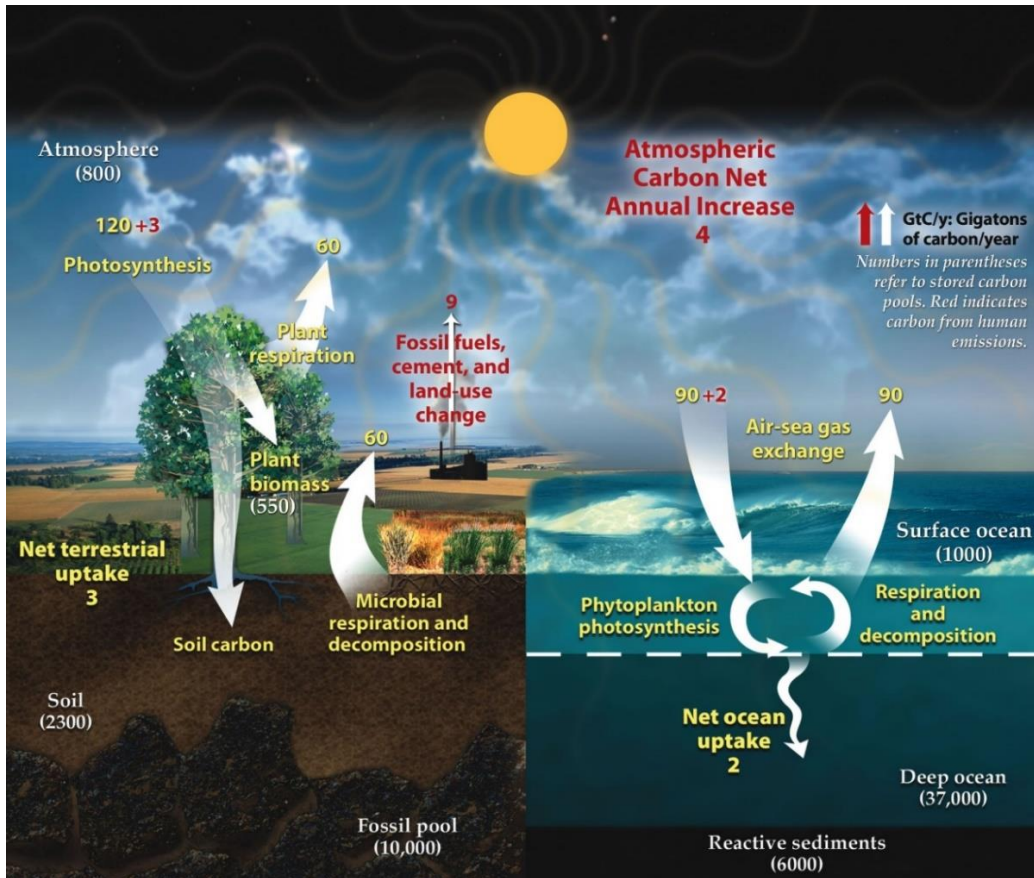


Figura 1: Diagrama del ciclo de carbono (Riebeek, 2011).

El ciclo de carbono describe el ciclo biogeoquímico, o las rutas mediante las cuales los átomos de carbono se intercambian a través de redes anidadas de sistemas ambientales desde la atmósfera a la biosfera, a través de la fotosíntesis y viceversa con la respiración, la descomposición y la quema de la biomasa. El carbono elemental es un componente tradicional de la hidrósfera, la atmósfera, la geósfera (rocas, como la piedra caliza, el carbón y los suelos), así como la biosfera (todos los seres vivos) (Benson, 2008). Rothman (2014) asegura que el ciclo de carbono representa el metabolismo a escala global.

2.3.4. Protocolo de Kioto

Tres años después de que la Convención fuese aprobada, el IPCC publicó su Segundo Informe de Evaluación. En dicho informe concluía que el clima ya había iniciado a sufrir

cambios a causa de las emisiones de gases de efecto invernadero (Gobierno de España, 2018).

En respuesta a este informe, en 1997 los gobiernos convinieron incorporar una adición a la Convención conocida con el nombre de Protocolo de Kioto que cuenta con medidas más enérgicas, en particular, compromisos jurídicamente vinculantes de reducción o limitación de emisiones. El Protocolo de Kioto, que entró en vigor en febrero de 2005, ha establecido, por primera vez, objetivos de reducción de emisiones netas de gases de efecto invernadero para los principales países desarrollados y economías en transición, con un cronograma de cumplimiento. Las emisiones de gases de efecto invernadero de los países industrializados deberían reducirse al menos un 5% por debajo de los niveles de 1990 en el período 2008-2012, conocido como primer periodo de compromiso del Protocolo de Kioto (Gobierno de España, 2018).

En 2006 se comenzaron las negociaciones los detalles de la continuidad de este Protocolo más allá del final de su primer periodo de compromiso (es decir, a partir de 2013). Así, en la cumbre de Doha de 2012 (COP 18/COP-MOP 8), se acordó dar continuidad al marco jurídico del Protocolo de Kioto a través del patrocinio de las rectificaciones necesarias para hacer posible su continuidad con un segundo periodo de compromiso a partir del 1 de enero de 2013. La adopción de estas enmiendas incluye:

- Los nuevos compromisos de las Partes del Anexo I del Protocolo de Kioto que accedieron a asumir compromisos en un segundo periodo, desde el 1 de enero de 2013 hasta el 31 de diciembre de 2020.
- Una lista revisada de los gases del efecto invernadero para el segundo periodo de compromiso.

- Las enmiendas a varios artículos del Protocolo de Kioto, cuestiones específicamente pertenecientes al primer periodo de compromiso y que necesitan ser actualizadas para el segundo periodo de compromiso.

2.3.5. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Adoptada fue en 1992 y que entró en vigencia en 1994, siendo ratificado por 195 países (Partes de la Convención). Reconoce la existencia del problema del cambio climático, e instituye un objetivo último: alcanzar la estabilización de las concentraciones de los gases del efecto invernadero en la atmosfera con el fin de frenar las interferencias de las actividades humanas peligrosas en el sistema atmosférico. Además, indica que ese nivel debe alcanzarse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático (CMNUCC, 2002).

Para que la aplicación de la Convención tenga efectividad, se construyeron decisiones que han de ser aprobadas por todas las Partes por beneplácito y que desarrollaran los distintos artículos de dicha Convención. Estas decisiones se discuten y aprueban en las Conferencias de las Partes (CMNUCC, 2002).

2.3.5.1. Estructura de la CMNUCC

- a. Conferencia de las Partes de la CMNUCC (COP, por sus siglas en inglés)
 - La Conferencia de las Partes es el órgano supremo en el que se congregan las Partes de la Convención para patrocinar decisiones. La COP se reúne una vez al año desde 1995 (un año después de la entrada en vigor de la CMNUCC), tiene el mandato de revisar la implementación de la Convención y puede negociar nuevos compromisos (Gobierno de España, 2018).
 - Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Protocolo de Kioto (COP-MOP, por sus siglas en inglés).

Este órgano actúa en calidad de reunión de las Partes en el Protocolo de Kioto y está integrado por todas las Partes que han ratificado el Protocolo. Las sesiones de la COP y COP-MOP se celebran simultáneamente para reducir costes y mejorar la coordinación entre la Convención y el Protocolo. La COP-MOP se reunió por primera vez en Montreal en 2005, coincidiendo con la entrada en vigor del Protocolo de Kioto (Gobierno de España, 2018).

- Órganos subsidiarios permanentes de la Convención y del Protocolo de Kioto.

El órgano subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (SBSTA, por sus siglas en inglés): asesora a las Conferencias de las Partes de la Convención y el Protocolo sobre las cuestiones científicas y tecnológicas relativas al clima, el medio ambiente, la tecnología y las metodologías. Además, el SBSTA contribuye a constituir un vínculo entre la información científica suministrada por fuentes especializadas como el IPCC, por un lado, y las necesidades normativas de la COP y la COP-MOP por otro lado (Gobierno de España, 2018).

El Órgano Subsidiario de Ejecución (SBI, por sus siglas en inglés): ayuda a supervisar cómo se emplean la Convención y el Protocolo. Una labor especialmente importante a este respecto es inspeccionar la información contenida en los inventarios de gases de efecto invernadero y otras obligaciones de información presentadas por las Partes, con el fin de evaluar la eficacia global de la Convención y del Protocolo, incluyendo la revisión de la asistencia financiera otorgada a las Partes no incluidas en el Anexo I para ayudarles a aplicar los compromisos contraídos en el marco de la Convención (Gobierno de España, 2018).

Estos órganos subsidiarios tienen un mandato específico y se reúnen dos veces al año durante dos semanas, en la sede de la Secretaría de la Convención ubicada en Bonn (Alemania), y en paralelo a las reuniones de la COP y COP-MOP a finales de cada año. Ambos están abiertos a la participación de todas las Partes y de observadores acreditados (Gobierno de España, 2018).

2.3.6. Bonos de carbono

En el escenario actual, el calentamiento global está teniendo muchas repercusiones en la economía mundial, como sabemos, el dióxido de carbono, el gas del efecto invernadero más importante producido por la combustión, se ha convertido en una causa de pánico global ya que su concentración en la atmósfera ha estado aumentando de manera alarmante. Esto ha creado una oportunidad para el comercio de créditos de carbono, creando así un “mercado de carbono” global. En este sistema de comercio, se imponen controles a las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) bajo el protocolo de Kioto, y los límites de emisión predeterminados se asignan a través de los países, que tienen que controlar las emisiones de las industrias y las unidades comerciales que operan dentro de cada país (Gupta, 2011).

El financiamiento del carbono ofrece el potencial de cambiar las prioridades de planificación del manejo y al mismo tiempo aprovechar los ingresos potenciales de la bio-sequestración de carbono (Douglass et al., 2011).

2.3.7. Mecanismos de Desarrollo Limpio

El artículo 12 del Protocolo de Kioto presenta el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) como un medio para estimular simultáneamente un desarrollo económico sostenible y la reducción de las emisiones en los países menos industrializados, al tiempo que brinda a los países industrializados más flexibilidad para cumplir sus compromisos de reducción de sus emisiones. En consecuencia, un país que se compromete con un objetivo de reducción de emisiones uniéndose al anexo B de protocolo (país del Anexo B) puede cumplir parcialmente su compromiso financiando proyecto de reducción de emisiones en cualquier país en desarrollo que haya ratificado el protocolo pero que no haya asumido ningún compromiso (países que no están en el Anexo B). Los proyectos del MDL obtienen reducciones certificadas de emisiones (RCE) que, después de la certificación de las Naciones Unidas, pueden venderse en el mercado de carbono y contarse para cumplir los objetivos del Protocolo de Kioto. Los proyectos

de MDL implican inversiones en paneles solares, captura de carbono, calderas energéticamente eficientes, energía hidroeléctrica y reforestación, entre otros. Se espera que los MDL desempeñen un papel importante en reducir la cantidad global de emisiones de carbono, mejorando la rentabilidad de las políticas de mitigación en los países en vías de desarrollo y reduciendo las emisiones de carbono de los países desarrollados (Bréchet, Ménière y Picard, 2016).

Desde el registro del proyecto del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en el 2004, el MDL ha experimentado una expansión dinámica, se ejecutaron 6725 proyectos que han generado 2,73 mil millones de reducciones de emisiones certificadas (CER) hasta el 2012 (Burian y Arens, 2014).

Los países industrializados pueden contar con los CER para cumplir sus compromisos de Kioto. Estos países pueden estar directamente involucrados en los proyectos o, el modelo habitual, simplemente comprar las RCE a operadores privados de proyectos (Obergassel et al., 2017).

El MDL es uno de los esquemas de mitigación climática de flexibilidad creados en virtud del Protocolo de Kioto. El tiempo de procesamiento del proyecto MDL se puede usar para indicar las capacidades de los países proponentes del proyecto, así como las capacidades normativas y de la implementación de políticas de los gobiernos de los países receptoras (Liu, Stephane y Zhang, 2018).

2.3.8. COP20

La COP20 de Lima, fue la conferencia de gran envergadura organizada por el Perú, en donde se afirmaron las bases para el logro del acuerdo de París y un cambio de modelo que nos habla de economías sostenibles y bajas en carbono, con resiliencia, inclusión social y el clima como variable primordial en todos sus procesos (MIMAN, 2016).

Como una finalidad de la COP20 fue crear una atmosfera cordial, conciliadora y abierta la cual recibió el nombre de “Espíritu de Lima”, donde las Partes reconocían el éxito de la COP21, en el 2015, si solo podía asegurarse si se incrementaba la confianza a través de lograr el éxito en Lima. Por ello como país anfitrión tuvo una gran responsabilidad y consistía en que los negociadores y jefes de delegación se sintieran como en casa (MIMAN, 2016).

Se avanzó en los procesos de negociaciones para un acuerdo global, se acercó el debate climático a los ciudadanos y además se identificaron temas claves e importantes para el Perú en el debate climático, es decir: bosques, océanos, ciudades sostenibles, energía, montañas, glaciares y agua. Lográndose resultados muy concretos (MIMAN, 2016).

La COP20 fue un momento clave que dejo al Perú algunos compromisos, entre otros se encuentra el compromiso de Monitoreo para la conservación de bosques mediante el uso de alta tecnología satelital, capaz de ofrecer información precisa sobre la deforestación, mediante la Agencia de Cooperación Internacional de Japón y la Financiamiento para la conservación de bosques, la cual consiste en un acuerdo para la reducción de emisiones provenientes de la deforestación y la degradación de los bosques de la Amazonía peruana, este acuerdo fue firmado por Noruega y Alemania (MIMAN, 2016).

2.3.9. Acuerdo de París

La adopción del Acuerdo de París es un hito en la política climática internacional y lleva años de negociaciones cercanas a un punto muerto a una conclusión. El acuerdo crea un proceso global de participación, seguimiento, ejercicios regulares de inventario y acción cooperativa (Streck, Keenlyside y Unger, 2016).

En la COP 21, el Acuerdo en París pidió una acción urgente para limitar el calentamiento niveles muy por debajo de los 2 °C y la búsqueda de limitarlo a 1,5 °C. El

Acuerdo establece, además, un objetivo de cero emisiones globales netas en la segunda mitad de este siglo (Yi et al., 2018).

Con el acuerdo de París, el Perú no solo logro cumplir su rol de liderazgo frente a los demás estados Parte y el mundo, también fue impulsado a dar el ejemplo al poner una meta ambiciosa para reducir sus emisiones contaminantes en un 30% para el 2030. Esto significa un hito en la gestión de cambio climático a nivel nacional, pues formula metas de adaptación y mitigación a largo plazo, bajo un esquema participativo con un fuerte soporte político y técnico (MIMAN, 2016).

2.3.10. Estimación de la biomasa forestal

La estimación de la biomasa forestal sobre el suelo es fundamental para cuantificar las reservas de carbono y es esencial para evaluar el ciclo global de carbono (Nie, Wang, Zeng, Xi y Li, 2017). Está determinada por el equilibrio entre las entradas de biomasa (es decir, el crecimiento) y las salidas (mortalidad). Por lo tanto, podemos esperar que las condiciones que favorecen a altas tasas de crecimiento, tales como el suministro abundante de agua, de calor y los suelos ricos en nutrientes tenderán a correlacionarse con los altos niveles de biomasa (Álvarez-Dávila et al., 2017).

2.3.11. Captura de carbono

Las plantas, como organismos autótrofos poseen la capacidad de sintetizar carbohidratos empleando solamente energía solar, agua y dióxido de carbono (Gliessman, 2002). Todas las plantas verdes asimilan CO₂ de la atmosfera mediante el proceso de la fotosíntesis. Las moléculas simples de azúcar que se forman inicialmente a partir de CO₂ se combinan entonces para producir celulosa, así como la lignina en caso de árboles leñosos. Gran parte de carbono que se asimila a través de la fotosíntesis se libera de nuevo como CO₂ por medio de la respiración. El carbono restante se distribuye en todos los componentes de la

planta tales como: las hojas, la raíz, semillas, ramas y tallo (Tooichi, 2018). La captura de secuestro de carbono se realiza mediante el proceso de fotosíntesis.

2.3.11.1. Proceso de la fotosíntesis

A través de las llamadas reacciones fotoquímicas, o también conocidas como transferencia de energía, en donde la energía lumínica en energía química se transforma (Rodés y Collazo, 2006). El dióxido de carbono presente en el aire es asimilado por las estomas de las hojas de las plantas y difunde hasta los cloroplastos de las células fotosintetizadoras. Como primer producto resultante del proceso de la fotosíntesis es la glucosa, la cual se distribuye a todas los componentes de la planta que no realizan el proceso de fotosíntesis. La intensidad del proceso fotosintético varía en función de factores determinados, la cual implica un mayor o menor número de nutrientes elaborados. Los factores más importantes son: luz, temperatura, dióxido de carbono y agua (Campos et al., 2006). El proceso de la fotosíntesis convierte dos productos químicos; dióxido de carbono y agua en hidratos de carbono simples, utilizando la luz solar como fuente de energía. Solo una parte de la energía radiante es necesaria para las plantas, en el mejor de los casos, solo alrededor del 6% de la radiación entrante total puede ser convertida en energía almacenada. El agua ingresa a la estructura de la planta desde las raíces y trae consigo nutrientes esenciales. Entre tanto el dióxido de carbono ingresa como un gas, principalmente a través de agujeros (estomas) en las hojas de la planta (Tooichi, 2018).

2.4. Especies forestales más representativas de la Universidad Peruana Unión

2.4.1. Schinus latifolius (Molle chileno)

Árbol de aproximadamente de 2 m a 10 m de altura, siempre verde. Posee un tronco tortuoso, profusamente ramificado desde el nivel del suelo, y presenta una copa abultada, con ramas rígidas y con hojas densamente pobladas. De color gris oscuro es la apariencia de la corteza, adquiriendo diámetros a la altura de pecho (DAP) de 20 cm a 50 cm. Posee las hojas

simples, alternadas, ovales, con el borde suavemente dentado y exageradamente ondulado; de 3 – 7 x 2 – 5 cm, el ápice es redondeado y la base asimétrica, y el haz de color verde claro y la nervadura muy notoria, el envés y el peciolo es pubescente (Gutiérrez, 2013). Posee flores unisexuales de coloración amarillo verdoso entre 2 – 3 mm de diámetro, situadas en racimos terminales o auxiliares.

Originaria de la zona central chileno, se desarrolla principalmente en la costa, rara vez en pre cordillera andina. Forma parte del matorral costero donde existe cierta humedad primordialmente en las partes más bajas (Gutiérrez, 2013).



Figura 2: Schinus latifolius (molle chileno), campus de la Universidad Peruana Unión.

2.4.2. Eucalyptus globulos (Eucalipto)

Originario de la zona este, sudeste y pequeñas áreas de la costa oeste de Tasmania y Australia. Son arboles perennifolios que con regularidad adquieren los 30 – 50 m de altura. Posee la corteza de color gris, persistente en la base y se desglosa en el resto del tronco en alargadas fajas longitudinales. Presenta un dimorfismo foliar. Las hojas jóvenes son verdosas, sésiles, opuestas y dispuestas en tallos cuadrangulares. Las hojas maduras son pecioladas,

alternas, falcadas y acuminadas, con el nervio central perceptible, semicoriáceas, de 10 a 20 cm de largo. Las flores son bisexuales, blancas, habitualmente solitarias, en las axilas de las ramas superiores, son grandes, tetrámeras, con cáliz y corola unida formando el opérculo que se cae en la floración, dejando al descubierto un elevado número de estambres de color cremoso claro. El fruto es una capsula leñosa, dehiscente por cuatro o cinco valvas anchas y triangulares. Semillas negras, angulosas de 2 -2,5 mm de diámetro (Di Marco, 2011).

Actualmente más de 90 países albergan, la mayoría en zonas tropicales y subtropicales, más de 22 millones de hectáreas a nivel mundial lo que representa el 12% de toda la flora mundial (Grupo Empresarial ENCE, 2009).



Figura 3: Eucalyptus globulos (eucalipto), campus de la Universidad Peruana Unión

2.4.3. Vachellia macracantha (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger (Huarango)

Entre muchos sinónimos se puede nombrar algunas de ellos: Acacia macracantha Humb. & Bonpl. ex Willd., Acacia macracantha var. glabra Kitan., Acacia macracantha var. Glabrescens Griseb. Se le conoce con otros nombres, tales como: espino y faique (OSINFOR,

2013). Especie de amplia distribución, crece en los matorrales, bosques, potreros, cultivos. Su adaptación está entre los 0 – 2000 msnm. El tipo de bosque en la que se desarrolla es: bosque seco pluvioestacional y bosque seco andino (Aguirre, 2012).

Árbol que alcanza de 6 – 12 m de altura y 20 cm de DAP. Fuste estrecho, extensamente ramificado, tortuoso, esporádicamente recto. Copa horizontal, aparasolada, con las ramas espinosas. Presenta una corteza marrón con manchas de color blanco irregulares. Hojas compuestas, alternas, bipinnadas con una longitud de hasta 15 cm, foliolos sésiles de forma alargada, situadas helicoidalmente y con estipulas. Amarillo dorado son las flores, olorosos, filetes de estambres coloreados a modo de borla unidos en secciones densos y globosos, se insertan de uno a cinco en la base de las hojas. Fruto una legumbre aplanada un tanto curva, mide de 5 – 6 cm de longitud por 1 cm de ancho, café – rojizo (madura). Semillas café oscuro. Por la cuantiosa producción de semilla, en áreas alteradas crece densamente formando rodales (Aguirre, 2012).

Es una especie muy extendida y es un componente frecuente de la vegetación arbustiva, campos de sucesión, bordes de los senderos, bosque de matorrales espinosos, bosques secos, sabanas y bosques caducifolios secos desde el nivel de mar hasta los 1700 msnm en todo el norte y oeste de Sudamérica desde Venezuela hasta Chile (Seigler y Ebinger, 2007).

En general, estas especies son altamente tolerantes a la sequia y desarrollan grandes sistemas de raíces permitiéndose acceder a capas profundas de agua, un rasgo altamente relevante en as regiones aridas (Ludwig, Dawson, Kroon, Berendse y Prins, 2003).



Figura 4: Distribución de *Vachellia macracantha* (Huarango) en el territorio nacional (OSINFOR, 2013).



Figura 5: *Vachellia macracantha* (Huarango), campus de la Universidad Peruana Unión.

2.4.4. Pouteria lúcuma (Ruis & Pav.) Kuntze (Lúcuma)

No es una especie tropical, sino que se desarrolla a elevaciones templadas en lugares secos. Originario de Perú. Pertenece a la familia Sapotaceae (Indecopi, 2015; Yahia y Guttierrez-Orozco, 2011). Es una especie para uso netamente alimenticio desde el inicio de las civilizaciones muy antiguas del Perú (Paredes, 2018).

Es un árbol que logra una altura entre 6 a 15 m, posee follaje brillante y copa ancha. Presenta gomas en los tejidos epidérmicos y parenquimáticos, la cual es una característica propia de las sapotáceas. Las hojas se caracterizan por ser pecioladas alternas y coriáceas de borde entero. Hay una variación de las láminas a causa de los diferentes biotipos existentes, algunos muestran forma lanceolada, elíptica, otros ovales, oblonda con ápice obtuso, agudo o escotado. El largo de la lámina es de entre 6 a 25 cm con un ancho entre 3 y 10 cm (Caballero y Ticse, 2017).



Figura 6: Pouteria lúcuma (Lúcuma), campus de la Universidad Peruana Unión.

2.5. Marco conceptual

2.5.1. Biomasa

En términos generales se refiere a la masa de organismos vivos, que incluye plantas, animales y microorganismos. Desde el punto de vista forestal, la biomasa incluye tanto los tejidos de las plantas de la sección aérea y radicular, por ejemplo, hojas, ramas, troncos, así como las raíces de los árboles y los rizomas de las hierbas (Jorgensen y Fath, 2008). Por otro lado, SERFOR (2017) afirma que la biomasa es la masa general de la materia viva de un componente o reservorio que suele expresarse como peso seco.

2.5.1.1. Biomasa aérea

Toda la biomasa viva sobre el suelo, incluidos el tallo, el tocón, las ramas, la corteza, las semillas y el follaje (FAO, 2015).

2.5.2. Carbono

El carbono es quizás el más importante de todos los elementos, porque los productos químicos que crean la vida se sustentan en él. Se encuentra atrapado en rocas de piedra caliza, flotando en el aire como dióxido de carbono, oculto bajo el suelo en el carbón y petróleo, diamantes y grafito. El carbono se encuentra en el grupo IV de la tabla periódica y tiene el número atómico 6 (Sparrow, 1999).

2.5.2.1. Carbono en la biomasa superficial

Carbono contenido en toda la biomasa viva sobre el suelo, incluyendo tallo, tocón, ramas, corteza, semillas y follaje (FAO, 2015).

2.5.3. Dióxido de carbono

Es un gas incoloro, inodoro con una masa molar de 44 gr/mol. No causa daños a la ecología, en descargas normales contribuye al efecto invernadero, en cambio con descargas excesivas tiene incidencia en el calentamiento global. Su fórmula es CO₂ (PRAXAIR, 2016).

2.5.4. Ecuaciones alométricas

Las ecuaciones alométricas proporcionan un medio para estimar la biomasa arbórea de la relación entre la biomasa y las dimensiones del árbol. Generalmente estas ecuaciones están asociadas a la información estadística y las características de los árboles, espacios geográficos y métodos de recolección de datos (Keith, Barrett y Keenan, 2000).

3. CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

La Universidad Peruana Unión – sede Lima, geográficamente está situado al Este de la ciudad de Lima (Km 19.5 Carretera Central), en la cuenca del río Rímac a una altitud de aproximadamente 530 msnm, posee un área total de 490,170.54 m² (Vasquez, 2015). La universidad se encuentra dentro de la jurisdicción del distrito de Lurigancho y limita por el Sur con los distritos de Ate y Chaclacayo, por el Norte y Este limita con la provincia de Huarochirí, finalmente por el Oeste con el distrito de San Juan de Lurigancho. La (Figura 7) muestra un mapa de ubicación geográfica de la zona de investigación.

Siendo Lima como la segunda ciudad metropolitana más seca del planeta tiene un paisaje árido dominado por la escasez de las precipitaciones (Miranda y Chávez, 2012). Dentro del Campus universitario se tomaron los datos de temperatura y precipitación desde la Estación Meteorológica de Ñaña, registrando una temperatura media anual de 18.4 °C; las temperaturas máxima y mínima promedio anual fue de 22 °C y 14 °C y por otro lado la precipitación media anual fue de 0.73 mm en el año 2017.

Morfológicamente la ciudad de Lima se sitúa en la costa central de Perú, vertiente occidental de la cordillera de los andes. Básicamente se encuentra rodeada por montañas y colinas, con moderada a fuerte pendiente (Instituto Metropolitano de Planificación, n.d.).

En la (Figura 8) se muestra un plano perimetral del campus de la Universidad Peruana Unión, además se puede observar la distribución geoespacial de cada uno de los individuos estudiados.

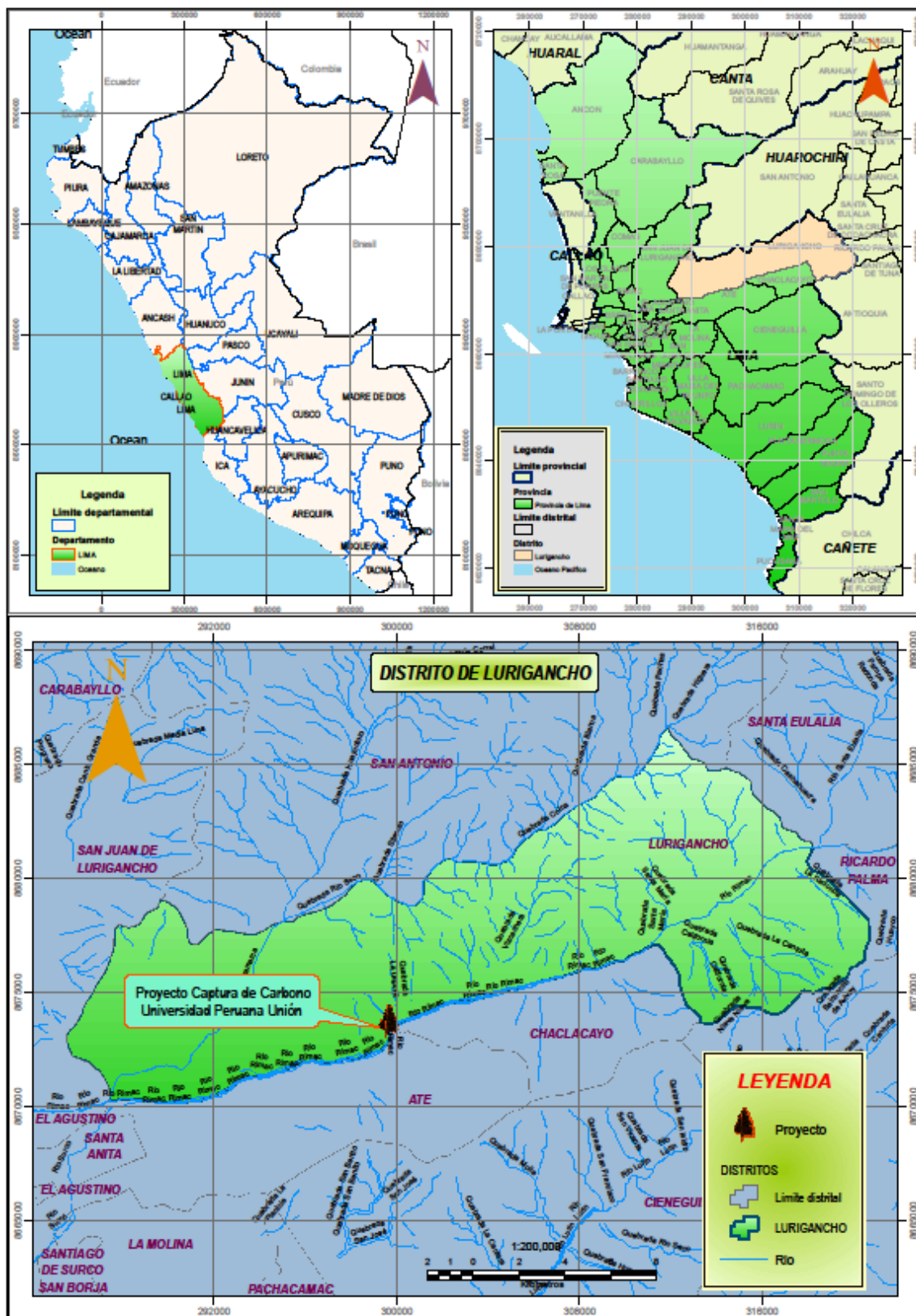


Figura 7: Mapa de ubicación del Proyecto de Investigación. Campus de la Universidad Peruana Unión.

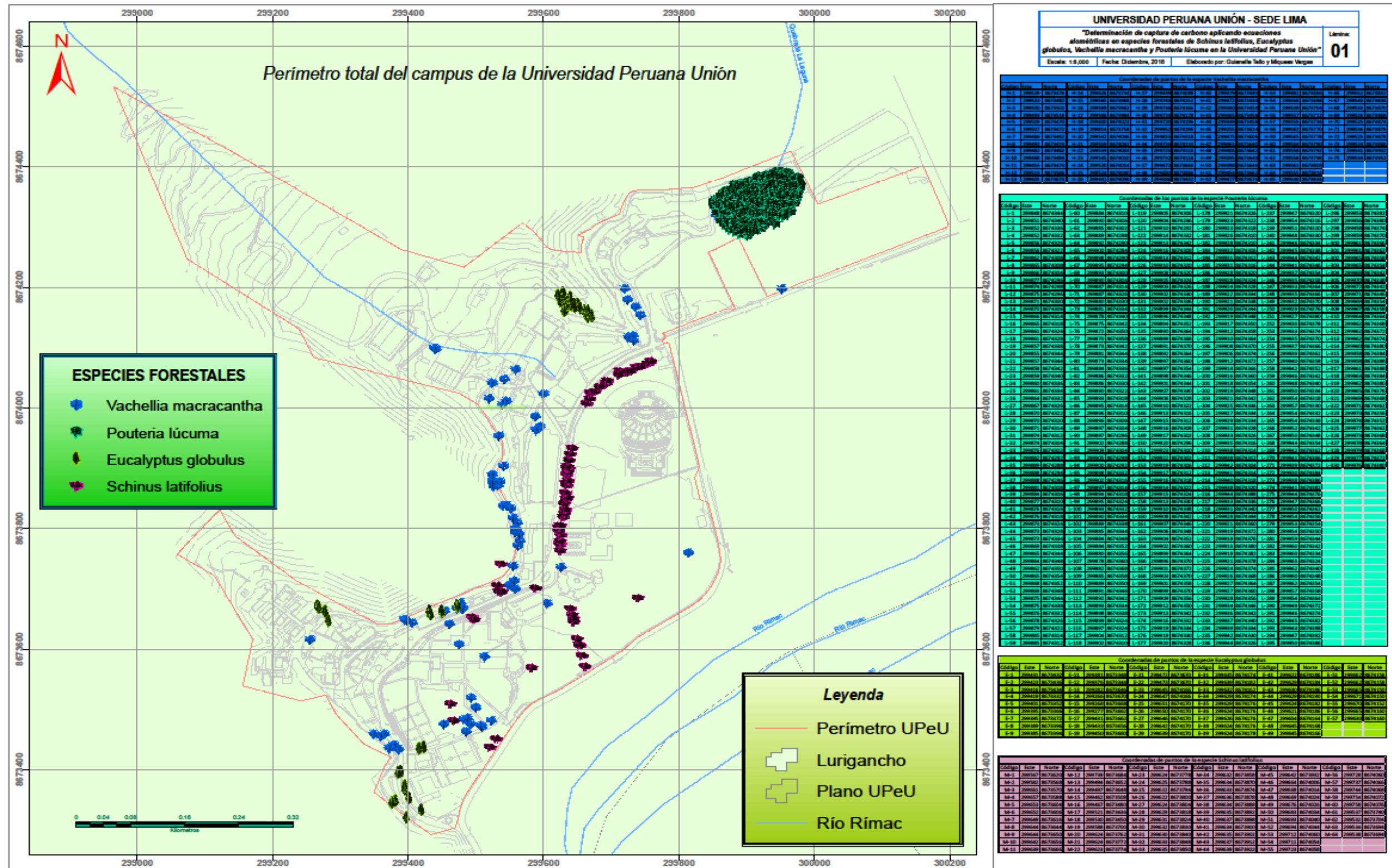


Figura 8: Mapa perimetral del campus de la Universidad Peruana Unión.

3.2. Materiales y equipos

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se emplearon materiales y equipos que se detallan en la siguiente (Tabla 1).

Tabla 1
Materiales y equipos utilizados en el proceso de ejecución del proyecto de tesis.

	Materiales y/o equipos	Unidades	Cantidad
Materiales	Mapa de localización	Unidad	1
	Formatos de campo	Unidad	4
	Artículos de escritorio	Unidad	4
	Plumón indeleble	Unidad	2
	Cintas de marcaje	Metros	100
	Clinómetro digital (aplicativo)	Unidad	1
Equipos	GPS	Unidad	1
	Cinta métrica	Metros	30
	Laptop	Unidad	2
	Calculadora	Unidad	1
	Cámara fotográfica	Unidad	1
	Equipos de protección personal	Unidad	2

3.3. Descripción de la metodología

La presente investigación se desarrolló bajo la metodología recomendada por el Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF), para la evaluación de la captura de carbono en las especies arbóreas (Rügnitz, Chacón y Porro, 2009). Esta metodología se aplicó por las razones que a continuación se describen: primero, la exigencia de instrumentación de medición no costosas ni sofisticados; segundo, la determinación del área de muestreo y la toma de muestras respectivas son sencillas y finalmente, puede replicarse en áreas con características biogeográficas sencillas.

La metodología que se empleó para esta investigación fue la metodología no destructivo o indirecta, que consiste en la aplicación de un modelo alométrico para la determinación de la cantidad de carbono secuestrado por las especies. A continuación se muestra un flujograma con las actividades que se realizaron para el desarrollo de esta investigación.

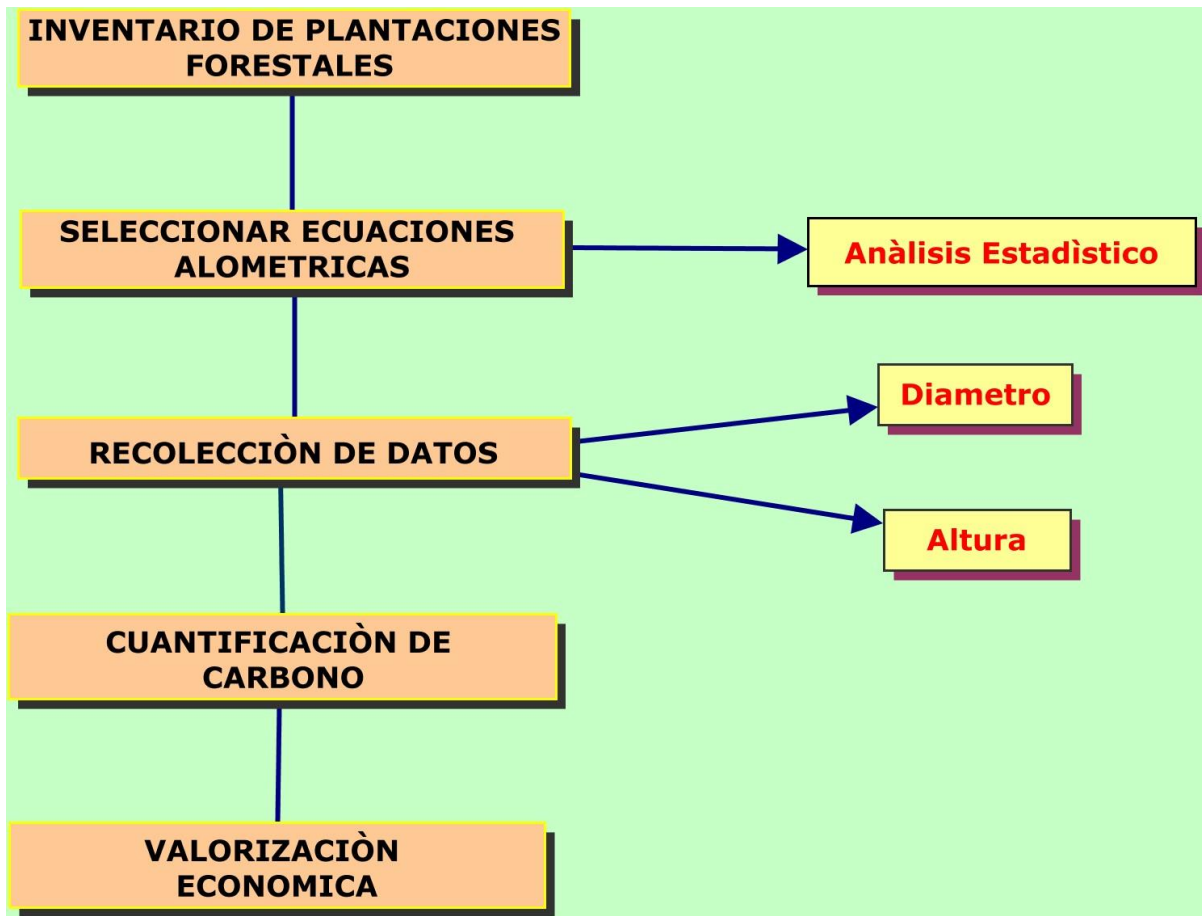


Figura 9: Flujograma para la estimación de captura de carbono en los sistemas forestales del campus de la Universidad Peruana Unión.

3.3.1. Descripción del proceso de ejecución del proyecto según el flujograma

3.3.1.1. *Inventario del sistema forestal dentro del campus*

Para el inventario forestal, se tomaron en cuenta criterios tales como: la mayor población de especies, por su ubicación estratégica de las especies y la antigüedad. En base a estos criterios se tomaron en cuenta cuatro especies forestales dentro del sistema forestal del campus universitario. El inventario forestal propiamente dicha consistió en el registro de la ubicación geográfica a través de las coordenadas UTM, la cual se tomó en la base de cada individuo de las especies seleccionadas, para ello se utilizó un GPS Outdoor e Trex de Garmin. Cuyos datos fueron anotados en los formatos de campo (Anexo B) y a la vez se codificó a cada

uno de los individuos con una cinta de marcaje de un color específico para cada especie (color amarillo para la especie *Schinus latifolius*, color rojo para la especie *Vachellia macracantha*, color crema para la especie *Eucalyptus globulos* y color azul para la especie *Pouteria lúcum*) y la numeración fue de manera consecutiva según la especie (Figura 10), obteniéndose el número total de individuos por especie y la familia a la que pertenece en el área de estudio (Tabla 2).

Tabla 2
Número total de individuos de las especies forestales inventariadas

Nombre científico	Nombre común	Familia	N° de individuos	Porcentaje (%)
Schinus latifolius	Molle chileno	Anacardiaceae	64	12
Eucalyptus globulos	Eucalipto	Myrtaceae	57	11
Vachellia macracantha	Huarango	Fabáceas	75	14
Pouteria lúcum	Lúcum	Sapotaceae	330	63
Total			526	100

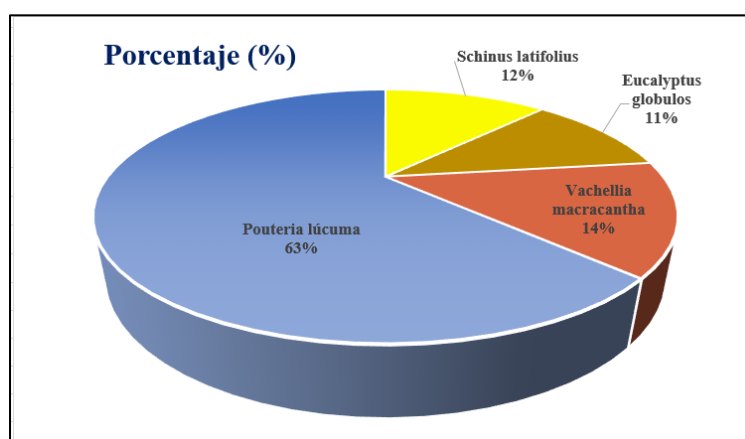


Figura 10: Porcentaje de las cuatro especies forestales inventariadas en la área de estudio

En la (Figura 10) se observa la distribución porcentual en la que la especie *Pouteria lúcum* ocupa el 63% con un total de 330 individuos, la especie *Vachellia macracantha* con

14% con un numero de 75 individuos, la especie *Schinus latifolius* con 12% con un numero de 64 individuos y finalmente la especie *Eucalyptus globulos* con tan solo el 11% haciendo un total de 57 individuos.



Figura 11: Etiquetado según las especies

La (Figura 11) muestra el color distintivo de las etiquetas para cada especie, Eucalyptus globulos (E-mostaza), Pouteria lúcumá (L-azul), Vachellia macracantha (H-rojo) y Schinus latifolius (M-amarillo).

3.3.2. Selección de las ecuaciones alométricas

Para poder estimar la cantidad de carbono presente en las diversas especies arbóreas por el método indirecto es necesario aplicar modelos alométricas. Rügñitz et al. (2009) asegura que el emplear ecuaciones alométricas permitirá calcular la biomasa de las especies forestales de una forma no destructiva.

Para seleccionar el tipo de ecuaciones alométricas consistió de los siguientes pasos:

3.3.2.1. Selección de especies

Se seleccionó las especies forestales arbóreas más representativas del campus de la Universidad Peruana Unión, con el apoyo de un Ingeniero Agrónomo, especialista en el área y docente en la casa de estudios.

3.3.2.2. Revisión bibliográfica

Se investigó la existencia de ecuaciones alométricas disponibles para el cálculo de las especies forestales de la presente investigación.

3.3.2.3. Elección de las ecuaciones alométricas

Una vez realizada la investigación se eligió las ecuaciones alométricas que mejor ajuste tuvieron para las especies seleccionadas.

Para esta investigación se seleccionaron cinco ecuaciones que a continuación se muestra en la (Tabla 3).

Tabla 3

Ecuaciones alométricas generales empleadas para la investigación.

Ecuación alométrica	Fuente	Tipo de bosque	Origen de la información	Descripción
$Y = \exp[-2,289 + 2,649 \cdot \ln(D) - 0,021 \cdot (\ln(D))^2]$	(Rügnitz, Chacón, & Porro, 2009)	Zonas tropicales húmedas	World Agroforestry Centre ICRAF	Ecuación general para cálculo de biomasa para cualquier especie presente en bosques naturales u otros usos de suelo.
$BA = 0,1184 \cdot (D)^{2,53}$	(Gonzales, 2011)	Diferentes sistemas de uso de tierra	INIA - Universidad Nacional Agraria de la Selva	Método de determinación de las reservas totales de carbono en el Perú
$M = \exp(-1,996 + 2,32 \ln(D))$	(Návar, Rodríguez, & Domínguez, 2013)	Bosque tropical seco	Ministerio del Ambiente MINAM	Ecuaciones alométricas para ensayar la biomasa aérea viva de 39 árboles muestreados por el método destructivo en México
$BT = -26,63 + 0,42 \cdot (D)^2$	(Cuenca, Jadán, Cueva, & Aguirre, 2014)	Estrato bosque siempre verde de tierras bajas	ONU - REDD	Ecuaciones alométricas aplicados en la amazonia ecuatoriana
$BAV = \exp(-0,9563 + 2,1486 \ln(D) + 1,5241 \ln(p))$	(WWF, 2014)	Bosques tropicales	WWF	Aplicado para la estimación de la biomasa aérea de bosques en Madre de Dios – Perú

Las ecuaciones que se muestran en la anterior tabla (Tabla 3), son ecuaciones generales que instituciones nacionales e internacionales recomiendan en caso de que no se encuentren ecuaciones específicas para cada especie, estas ecuaciones fueron aplicadas en distintos aplicaciones para la determinación de la biomasa. Los variables que emplean estas ecuaciones son generales excepto para la ecuación propuesta por WWF, un parámetro que se debe tener en cuenta es la densidad de la madera, se recomienda utilizar las densidades por cada especie las cuales son brindadas mediante la lista de densidades de madera de 1418

especies tropicales tomadas de investigaciones, en casos que no se encuentre el valor de la densidad de una determinada especie se aplicara un valor de 0,64, la cual es el promedio de las densidades de madera de las especies reportadas para América (MINAM, 2014).

3.3.3. Recolección de datos de campo

La recolección de datos se realizó siguiendo el protocolo presentado en la guía de determinación de carbono de ICRAF (Centro Internacional de Investigación Agroforestal), en el cual, de acuerdo con las ecuaciones alométricas elegidas para cada especie, las dimensiones consideradas fueron: diámetro y la altura del árbol.

3.3.3.1. Medición del diámetro

La medición del diámetro se realizó siguiendo la “Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales” según, (Rügnitz et al., 2009) con una cinta métrica (Figura 13.) a una altura considerable según la especie. En ocasiones determinadas, por la localización del punto en el que se debe medir el diámetro la cual no es representativo de su auténtica forma, se optó por la ubicación de la zona más representativa para seguir con el procedimiento de la medición (Diéguez et al., 2005). Teniendo en cuenta de la longitud del perímetro de la sección debe ser perpendicular al eje del tronco al momento del procedimiento de la medición.

Posteriormente se procedió a calcular el valor de la circunferencia del fuste al diámetro mediante la siguiente expresión matemática:

$$D = C/\pi$$

Donde

D: es el diámetro

C: es la circunferencia

π (PI) equivale a 3,1416

Para algunos casos en las que se hallaron individuos con secciones que presentaban hendiduras (Figura) se procedieron a ajustar a lo que sería verdaderamente la sección que represente la real representación si no constase la irregularidad (Diéguez et al., 2005).

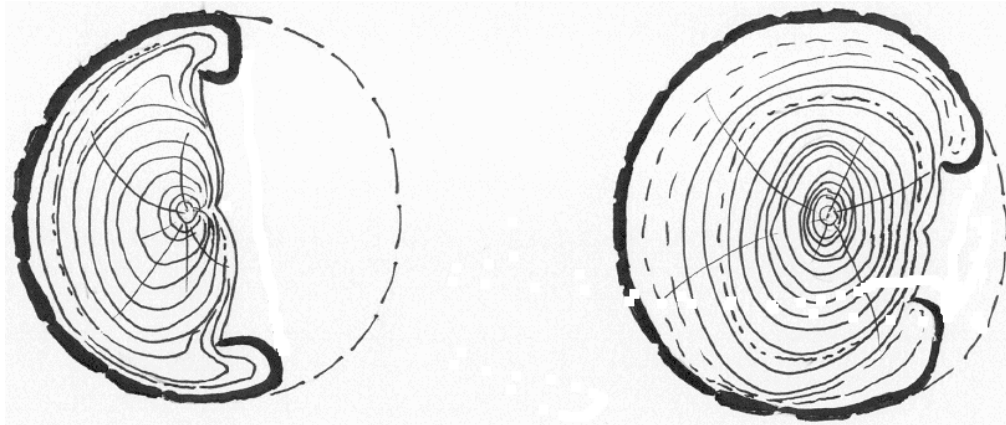


Figura 12: Procedimiento recomendado en caso de hallar secciones irregulares (Diéguez et al., 2005).

3.3.3.2. Medición de la altura

Para la determinación de la altura se empleó un aplicativo móvil denominado Clinometer + bubble level que resultó muy eficiente al determinar la altura de los árboles. Para ello se consideró la posición del observador con respecto al árbol a ser medido, tomando en cuenta la distancia horizontal que hay entre la persona y el objeto de medición y que finalmente el aplicativo proporciona los resultados en ángulos la cual se registra en el formato de campo para posteriores cálculos en gabinete (Figura 15).

Luego de la obtención de las variables de campo referentes a la altura de todas las especies, se procedió a estimar la altura real para cada árbol medido mediante la siguiente expresión matemática:

$$\text{Tan}(\alpha) = H1/D$$

$$H1 = \text{Tan}(\alpha) * D$$

$$HT = H1 + H2$$

Donde:

α : ángulo de elevación

D: distancia de alejamiento (m)

H1: altura a partir del nivel de los ojos (m)

H2: altura desde el nivel del suelo hasta el nivel de los ojos (m)

HT: altura total (m)

Para el uso correcto del clinómetro existen algunas recomendaciones que se tuvo en cuenta al momento de realizar el procedimiento de la recolección de variables para determinar la altura total para cada especie.

- Medir la distancia horizontal desde el punto del observador a la base del árbol, para ello se tomaron distancias de 5m, 10m y 15m dependiendo del ángulo de la copa de visión de la copa del árbol.
- Colocar el clinómetro con la mano derecha y en posición vertical acercando a uno de los ojos al visor manteniendo ambos ojos abiertos.
- Visar con ambos ojos abiertos hasta la parte superior del objeto a medir (copa del árbol).

Finalmente, los variables obtenidos se registraron en un formato de registro de campo.

3.3.4. Cálculo de stocks de carbono en la biomasa objeto de estudio

El contenido de carbono en la biomasa se calculó de acuerdo a la guía de determinación de carbono de ICRAF (Centro Internacional de Investigación Agroforestal). La cual contiene los procedimientos utilizados para la medición en campo de la biomasa arbórea, permitiendo conocer el porcentaje de carbono capturado (Rügnitz et al., 2009).

3.3.4.1. Cálculo de carbono almacenado por individuo

Generalmente, para todas las especies el 50% de la biomasa se considera como carbono (Gavali y Shaikh, 2015; Mary Saral et al., 2017; Potadar y Patil, 2016). Y se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Carbono almacenado} = \text{Biomasa}/2$$

3.3.4.2. Cálculo de biomasa arbórea por hectárea

Para determinar la biomasa arbórea por hectárea (Rügnitz et al., 2009), se procedió a calcular mediante la siguiente expresión matemática:

$$B_A = (\sum_{AU} / 1000) \times (10000/\text{área})$$

3.3.4.3. Cálculo de carbono total

Finalmente se calculó el carbono total aplicando la fórmula siguiente:

$$\Delta C_{BA} = (B_A \cdot CF)$$

Donde:

ΔC_{BA} = cantidad de carbono en la biomasa sobre el suelo (tC/ha)

CF = fracción de carbono (tC/tMS). Es el valor estándar del IPCC para CF = 0.5.

B_A = biomasa arbórea sobre el suelo (tMS/ha)

3.3.4.4. Fijación anual de carbono

Para estimar el flujo anual de carbono se determinó mediante la división del carbono almacenado en la biomasa arbórea entre la edad de cada especie forestal.

$$FAC = CAB/E$$

Donde:

FAC: fijación anual de carbono (tC/Ha/año)

CAB: carbono almacenado en la biomasa (tC/Ha)

E: edad de las especies (años)

3.3.4.5. Estimación del secuestro de CO₂ equivalente

Una tonelada de carbono equivale a 3,667 toneladas (t) de CO₂ obtenido por la cociente entre el peso molecular del CO₂ y peso atómico del carbono: $44 / 12 = 3,667$

Por tanto, una tonelada de carbono almacenado es igual a la captura de 3,667 toneladas de CO₂ atmosférico.

$$CO_2 = C * 3,667$$

Donde.

CO₂: cantidad de dióxido de carbono capturado en toneladas de CO₂

3,667: fracción que se emplea para la conversión de carbono en toneladas de CO₂, es un valor constante.

3.3.5. Valorización económica

Para la estimación del valor económico del dióxido de carbono (CO₂) capturado de la zona de estudio. Se empleó la siguiente expresión matemática con la cual determina el valor económico del carbono capturado.

$$V_E = CO_2 * \text{Precio en el mercado}$$

Donde:

V_E: valor económico, expresado en dólares por hectárea (US\$/ha)

CO₂: dióxido de carbono secuestrado, expresados en toneladas de dióxido de carbono por hectárea (tCO₂/ha)

Para fijar el precio de mercado actual del servicio de captura de carbono, se tomó en consideración el valor referencial establecido por la Bolsa Española de derechos de Emisiones de Dióxido de Carbono (SENDECO₂), a la fecha de diciembre del 2018, indicando € 21,46/tCO₂ equivalente a US\$ 24,39/tCO₂ y S/. 80.49.

3.4. Diseño estadístico

3.4.1. Análisis estadístico

Se empleó el programa Microsoft Excel para la recolección de datos permitiendo poder estimar la biomasa y carbono. De igual manera se hizo uso del programa estadístico SPSS para realizar los análisis estadísticos que permitirán dar respuesta a las hipótesis planteadas.

3.4.1.1. Microsoft Excel

El programa de cálculo permitió ordenar los datos obtenidos durante el inventario forestal realizado en campo (mediciones, enumeración y recolección por apuntes) para

después realizar el trabajo en gabinete. Además, se hizo uso de diseño de tablas, gráficos y otras herramientas estadísticas.

3.4.1.2. Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

En la estimación estadística del error se contó con un nivel de confianza asociado que señala la probabilidad del valor real (aún desconocido), denominado intervalo de confianza la cual se optara a un 95%. El nivel de confianza se empleó para determinar la cantidad de carbono almacenado en las cuatros especies forestales en evaluación.

Torres (2008), afirma que la ecuación con mayor coeficiente de determinación (R^2), fue la que presente mejor predicción acerca de la producción de biomasa del árbol y por ende, esta se utilizó para las próximas evaluaciones de biomasa.

Se realizó un análisis exploratorio que consistió en la obtención de las estadísticas descriptivas, con lo cual se pudo observar el comportamiento del variable diámetro presentado entre las especies arbóreas.

Se determinó la media aritmética y desviación estándar, para comprobar las diferencias significativas entre las distintas especies forestales en cuanto al contenido de carbono en la biomasa de los árboles.

Por último se efectuó la prueba estadística de Kruskal wallis, donde se estableció dos hipótesis:

H_0 = La Biomasa arbórea y contenido de carbono son semejantes entre las especies forestales.

H_1 = La Biomasa arbórea y contenido de carbono son diferentes entre las especies forestales.

4. CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación

4.1.1. Ecuaciones alométricas

Con el propósito de emplear una ecuación favorable y consistente, la investigación conto con los datos de 526 árboles evaluados. Los cuales fueron distribuidos para cuatro especies arbóreas representativas en la zona de estudio. El modelo de regresión con mayor ajuste fue del tipo cuadrática, empleando las variables de diámetro mayor o igual a 10 cm. La ecuación general contiene un R^2 bastante aceptable. Previamente se efectuó el análisis estadístico donde se observó que la variable con mejor correlación diámetro (≥ 10 cm) y biomasa arbórea presentando un R^2 igual a 1 (ver Figura 16). Como se puede observar en la tabla siguiente (Tabla 4).

Tabla 4

Estadísticos de ajuste de los modelos alométricas generales probados para la estimación de biomasa total para las cuatro especies forestales

Tipo de ecuación	Ecuación alométrico	R^2 ajustado
Ecuación exponencial	$B = \text{EXP} (-2.289+(2.649*\text{LN}(D))-(0.021*((\text{LN}(D))^2)))$	0,910
Ecuación potencial	$B = 0.1184*(D)^{2.53}$	0,999
Ecuación exponencial	$B = \text{EXP} (-1.996+2.32*\text{LN}(D))$	0,936
Ecuación cuadrática	$B = -26.63+0.42*(D^2)$	1.000
Ecuación exponencial	$B = \text{EXP}(-0.9563+2.1486*(\text{LN}(D))+1.5241*\text{LN}(p))$	0,936

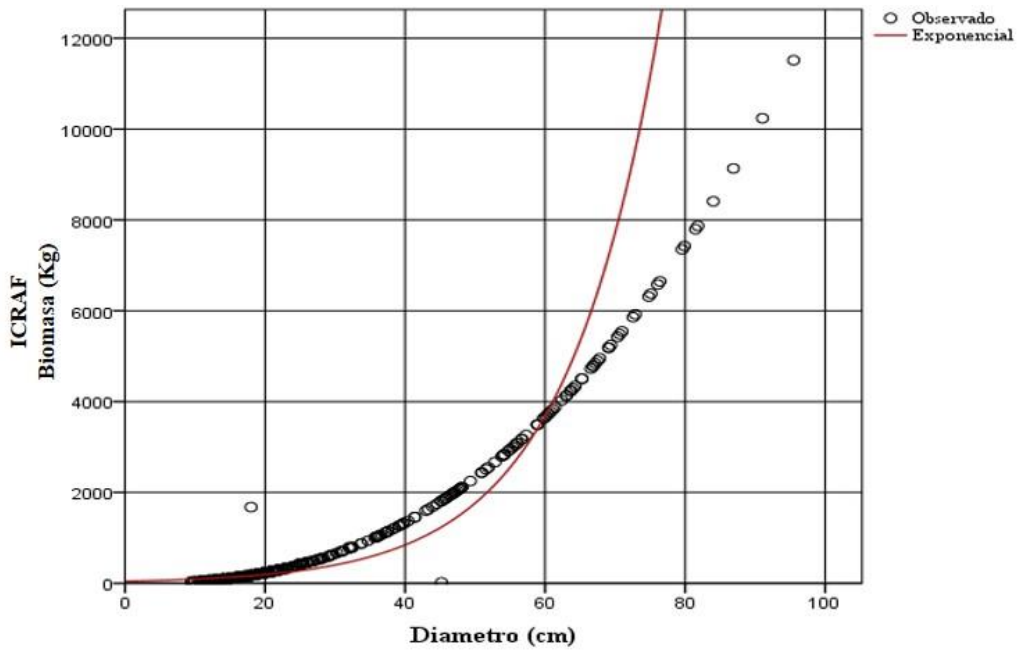


Figura 13: Relación entre diámetro (cm) y biomasa (kg) empleando la ecuación alométrico $B = \text{EXP} (-2.289 + (2.649 \cdot \text{LN}(D)) - (0.021 \cdot (\text{LN}(D))^2))$

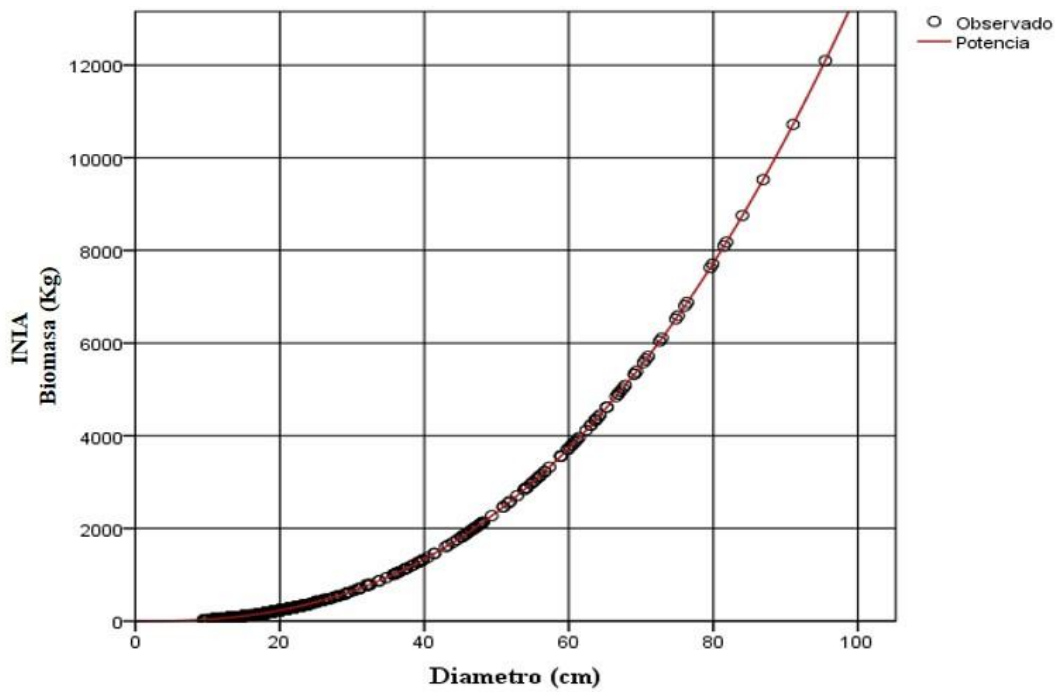


Figura 14: Relación entre diámetro (cm) y biomasa (kg) empleando la ecuación alométrico $B = 0.1184 \cdot (D)^{2.53}$

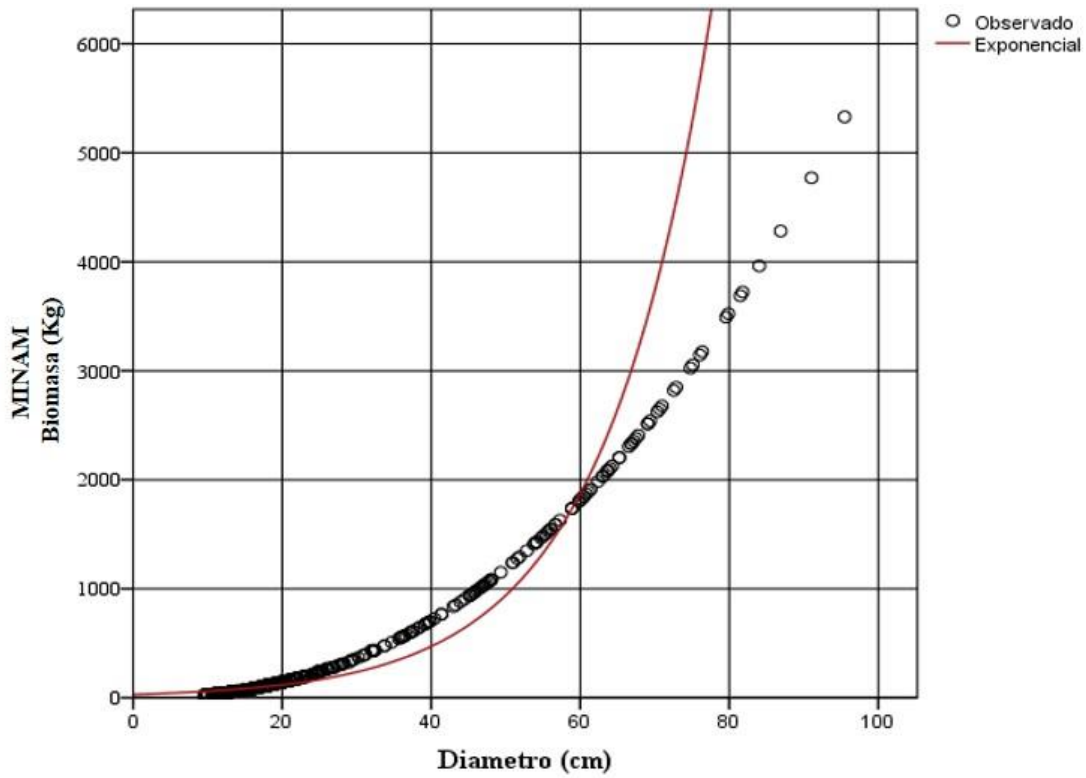


Figura 15: Relación entre diámetro (cm) y biomasa (kg) empleando la ecuación alométrico $M = \exp(-1,996 + 2,32 \ln(D))$

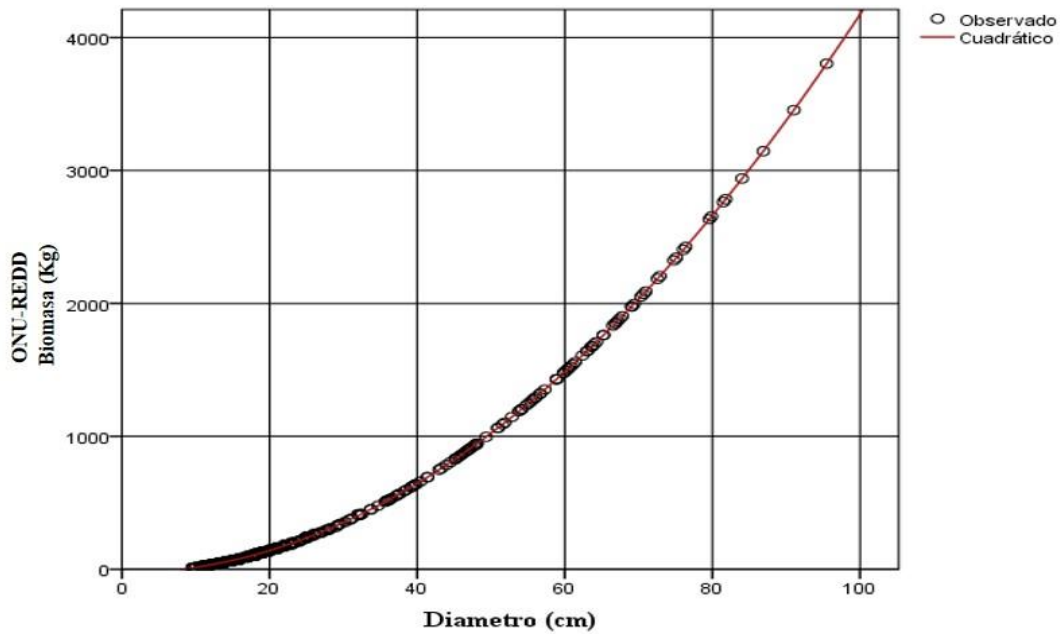


Figura 16: Relación entre diámetro (cm) y biomasa (kg) empleando la ecuación alométrico $BT = -26,63 + 0,42 \cdot (D)^2$

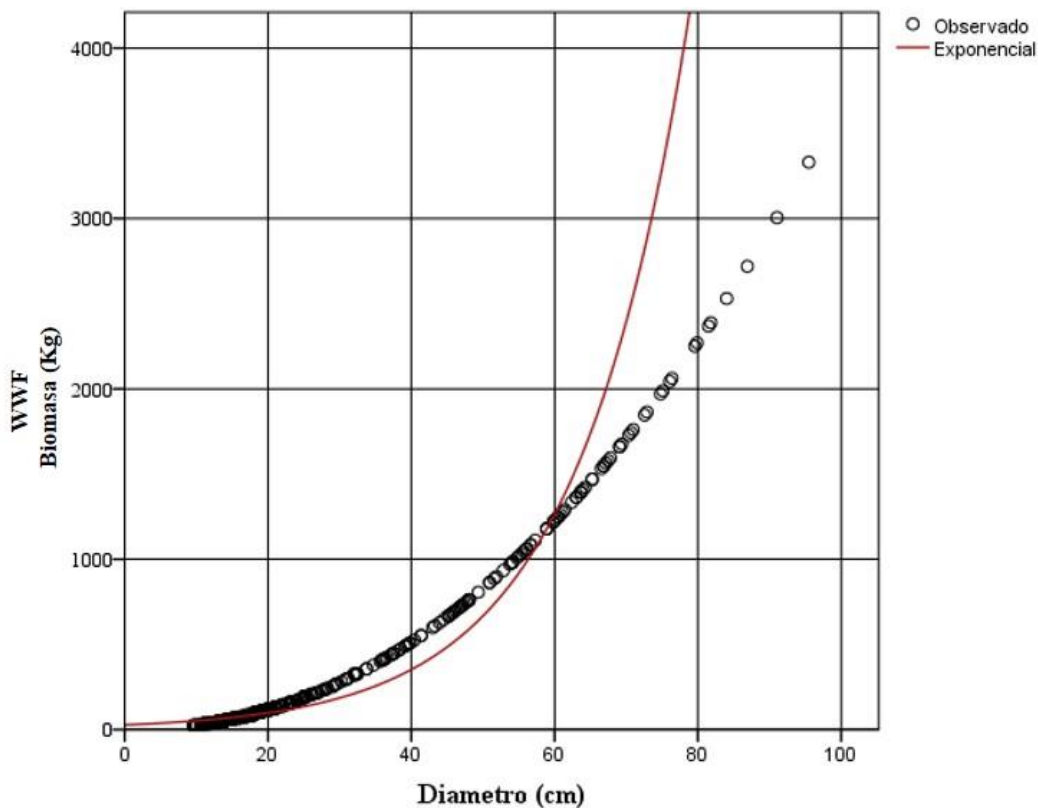


Figura 17: Relación entre diámetro (cm) y biomasa (kg) empleando la ecuación alométrico $BAV = \exp(-0,9563 + 2,1486(\ln(D)) + 1,5241\ln(\rho))$

4.1.2. Estadísticos descriptivos

El diámetro (cm) es el parámetro más importante según las ecuaciones alométricas seleccionadas, las cuales fueron recolectadas de cada árbol, en la tabla siguiente (Tabla 5), muestra los principales estadísticos de esta variable dependiente para cada una de las especies.

La media aritmética o promedio del diámetro total presenta diferencia para cada plantación, donde la medición para la especie arbórea “Pouteria lúcuma” comprendió un diámetro mínimo de 10 cm y máximo de 32,5 cm. Para “Vachellia macracantha” de 10,5 cm y 79,9 cm. Mientras “Schinus latifolius” fue entre 11,8cm y 91 cm. Siendo para “Eucalyptus globulos” de 10 cm y 95,5 cm, se pueden observar en la sección de los anexos (Anexos B).

Tabla 5
Estadísticas descriptivas del diámetro (cm) en las especies forestales

	Schinus latifolius	Vachellia macracantha	Eucalyptus globulos	Pouteria Lúcuma
N	64	75	57	330
Media	53,10	37,35	28,46	17,63
Varianza	359,74	321,05	428,11	12,86
D.E	18,97	17,92	20,69	3,59
C.V	35,73	47,98	72,70	20,36
Mínimo	12	11	10	10
Máximo	91	80	95	32

En las tablas siguientes (Tabla 6, 7, 8 y 9) se observa los valores del diámetro promedio por edad para cada especie forestal.

Tabla 6
Promedio del diámetro por edad de la especie Pouteria lúcuma

Edad (años)	Promedio de diámetro (cm)
15	17,61

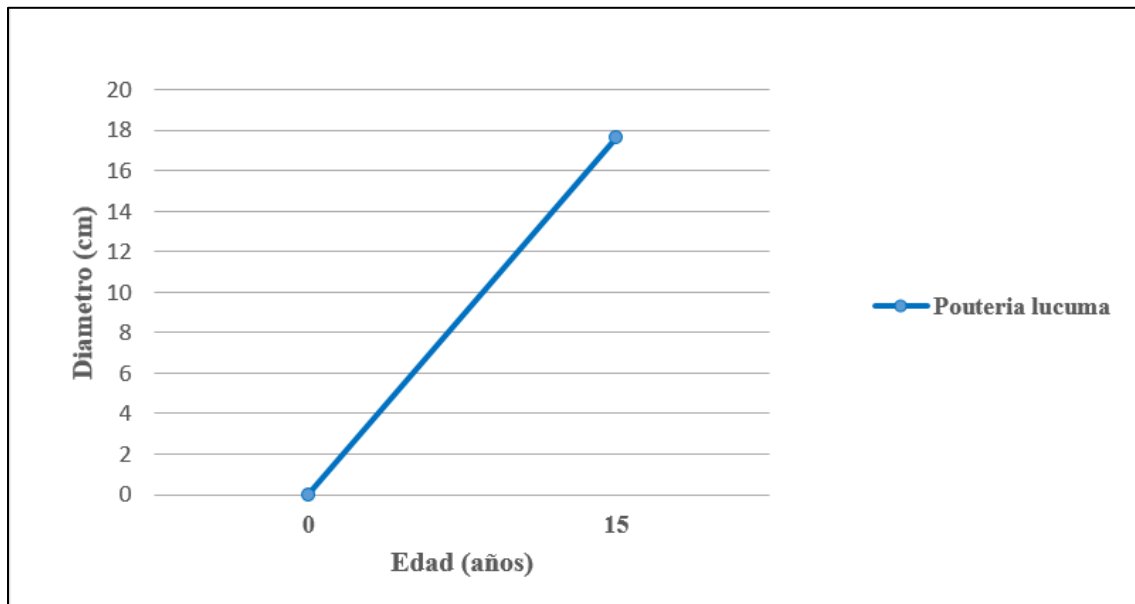


Figura 18: Diámetro (cm) por edad del sistema forestal de Pouteria lúcuma

Se observa que los valores (Figura 18) del diámetro de máximos y mínimos es de 10 – 32,5 cm, con un promedio de 17,61 cm correspondiente a la especie *Pouteria lúcum* con una edad del sistema forestal de 15 años.

Tabla 7
Promedio del diámetro por edad de la especie de *Vachellia macracantha*

Rango de edad (años)	Promedio de diámetro (cm)
8	10,93
15	17,28
25	31,65
35	41,87
45	57,73

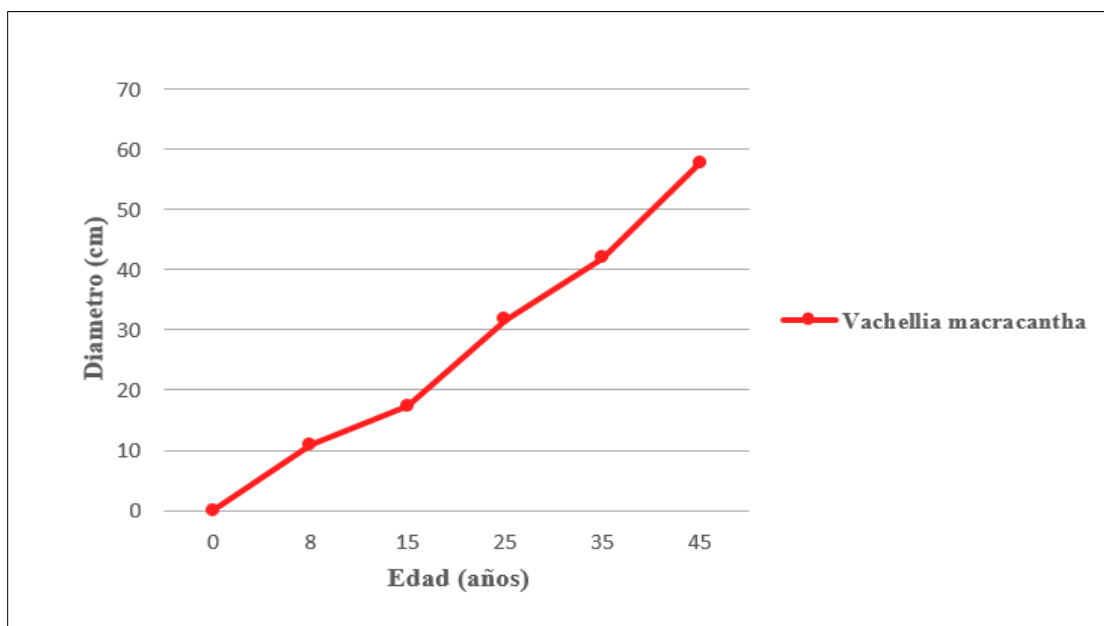


Figura 19: Diámetro (cm) por edad del sistema forestal de la especie de *Vachellia macracantha*

En la figura anterior (Figura 19), se muestra que para la especie forestal de *Vachellia macracantha* de ocho años de edad los valores del diámetro máximos y mínimos son de 11-80 cm, con un promedio de 10,93 cm correspondiente, en tanto de la edad de veinticinco años

tiene un promedio de 31,65 cm. Según estos resultados se evidencia que el diámetro es directamente proporcional con la edad de la especie forestal.

Tabla 8

Promedio de diámetro por rango de edad de la especie forestal de Schinus latifolius

Rango de edad (años)	Promedio de diámetro (cm)
5	11,78
8	16,76
15	22,07
25	43,54
35	60,99

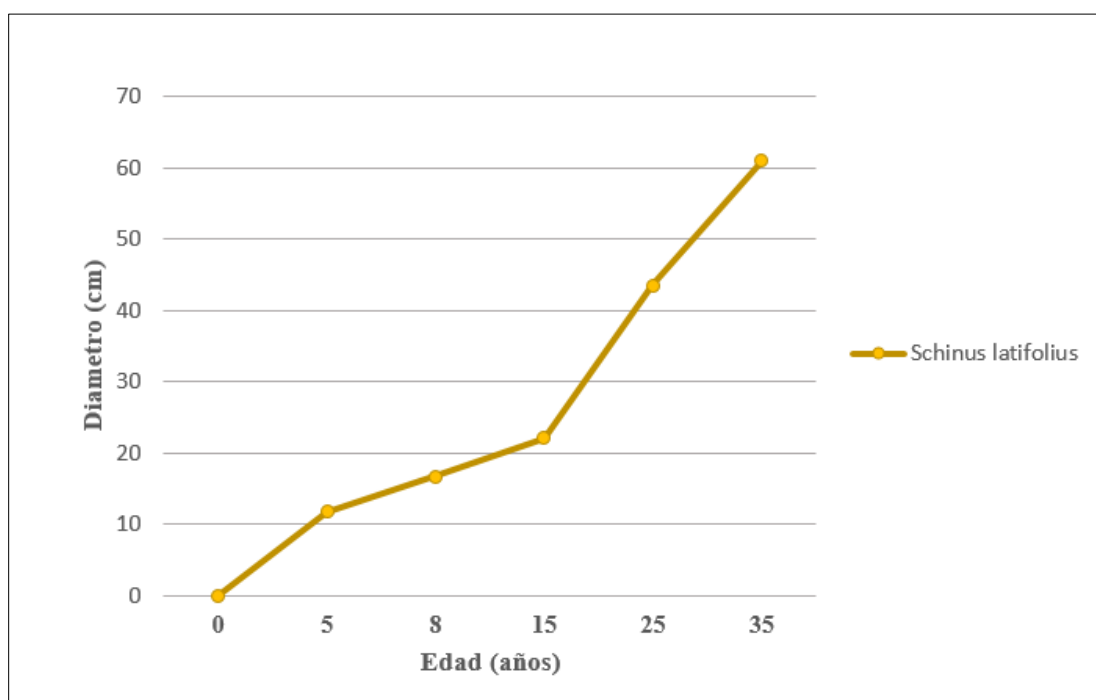


Figura 20: Diámetro (cm) por rango de edad de la especie Schinus latifolius

La figura anterior (Figura 15) muestra que para la edad de cinco años los valores del diámetro máximos y mínimos de 12-91 cm, con un promedio de 11,78 cm correspondiente a la

especie de *Schinus latifolius*, mientras que a la edad de treintaicinco años tiene un promedio de 60,99 cm se observa que el diámetro con la edad son directamente proporcional.

Tabla 9

Promedio de diámetro por edad de la especie forestal Eucalyptus globulos

Rango de edad (años)	Promedio de diámetro (cm)
5	12,28
15	20,80
25	30,88
35	48,13
45	52,97

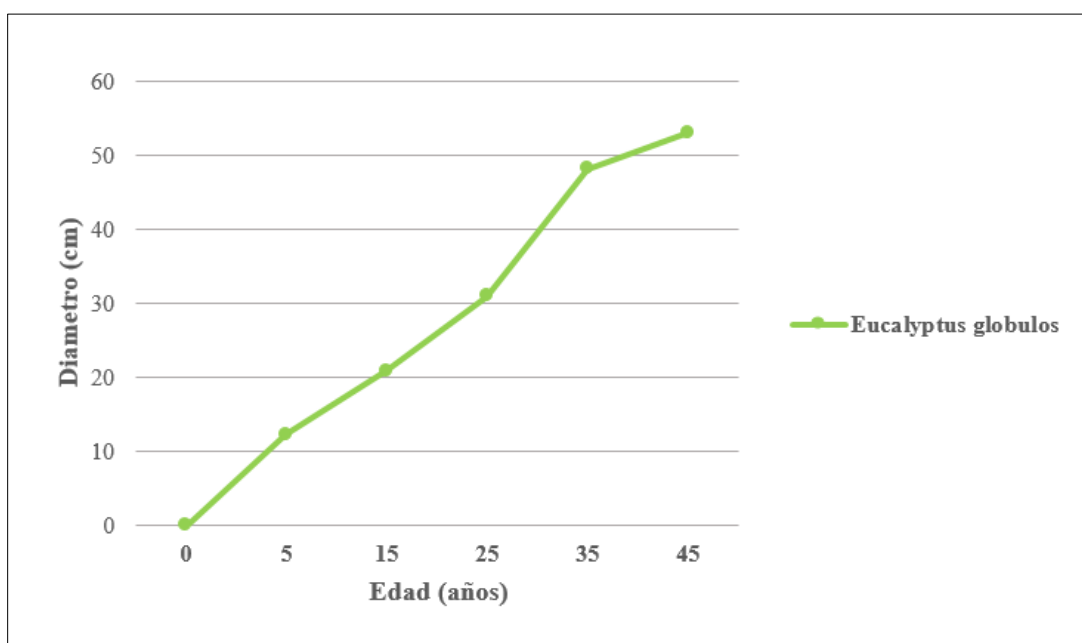


Figura 21: Diámetro (cm) por rango de edad para la especie *Eucalyptus globulos*

La (Figura 21) muestra el incremento del diámetro con respecto a la edad de los arboles (35 años) los valores del diámetro máximos y mínimos de 10-95 cm, con un promedio de 48,13 cm correspondiente a la especie de *Eucalyptus globulos*, en cambio a la edad de cinco años posee un promedio de 12,28 cm.

Tabla 10
Promedio de los diámetros por rango de edad

Especies Forestales	Edad (años)		
	15	25	35
Vachellia macracantha	17,28	31,65	41,87
Schinus latifolius	22,07	43,54	60,99
Eucalyptus globulos	20,80	30,88	48,13
Pouteria lúcuma	17,61	-	-

Nota: el rango de edades viene determinado por el diámetro de cada árbol según especie excepto la especie Pouteria lúcuma tiene una edad definida con exactitud.

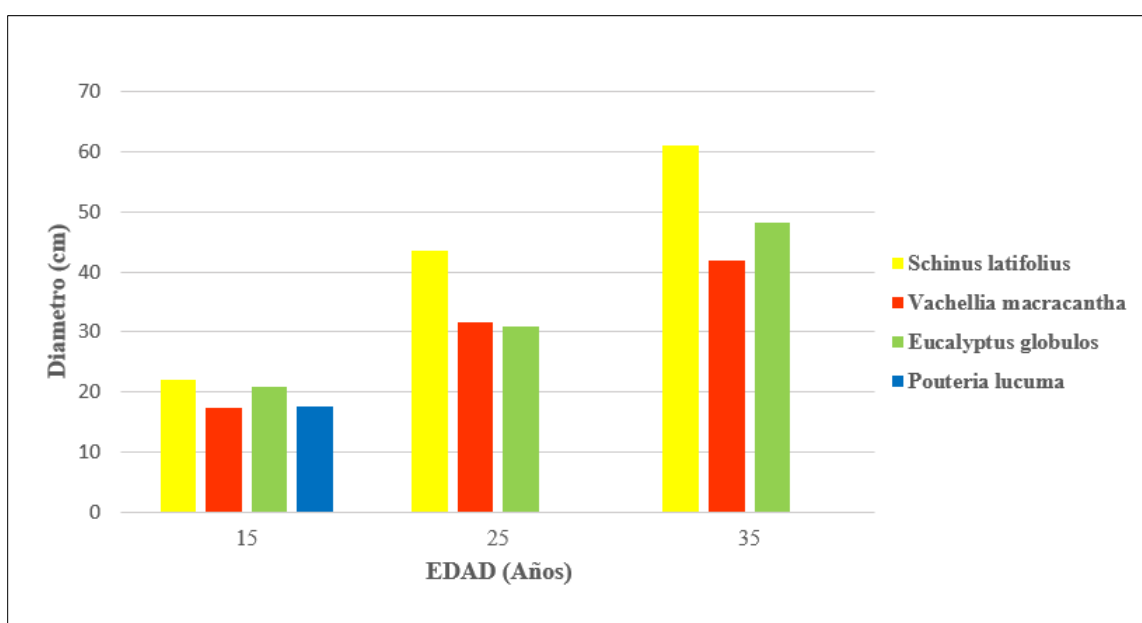


Figura 22: Comparación de los diámetros (cm) por rango de edad entre las especies forestales

La (Figura 22), muestra la asimilación de diámetro entre las especies forestales evaluadas según la edad. Se puede demostrar que el promedio de diámetro obtenido a la edad (15 años), la especie forestal de Pouteria lúcuma obtuvo un 17,61 cm. Mientras que a la edad (25 y 35 años) con mayor promedio de diámetro lo obtuvo la especie forestal de Schinus latifolius con 43,54 cm y 60,99 cm respectivamente.

4.2. Resultados de la biomasa empleando las ecuaciones alométricas

4.2.1. Ecuación alométrica N° 1

Como se observa en la tabla 11, los resultados se obtuvieron a partir del diámetro (>10 cm) para las especies forestales, luego de introducir los datos en la fórmula alométrica planteada por la ICRAF (Rügnitz et al., 2009), para obtener la cantidad de biomasa total en (kg).

Tabla 11

Cálculo de biomasa total (Kg) por especie mediante la ecuación alométrica N° 1, recomendada por la guía del ICRAF

Especies evaluadas	Biomasa Total (Kg)
Pouteria Lúcura	60 701,65
Vachellia macracantha	120 486.48
Schinus latifolius	211 200.22
Eucalyptus globulos	67 527.31

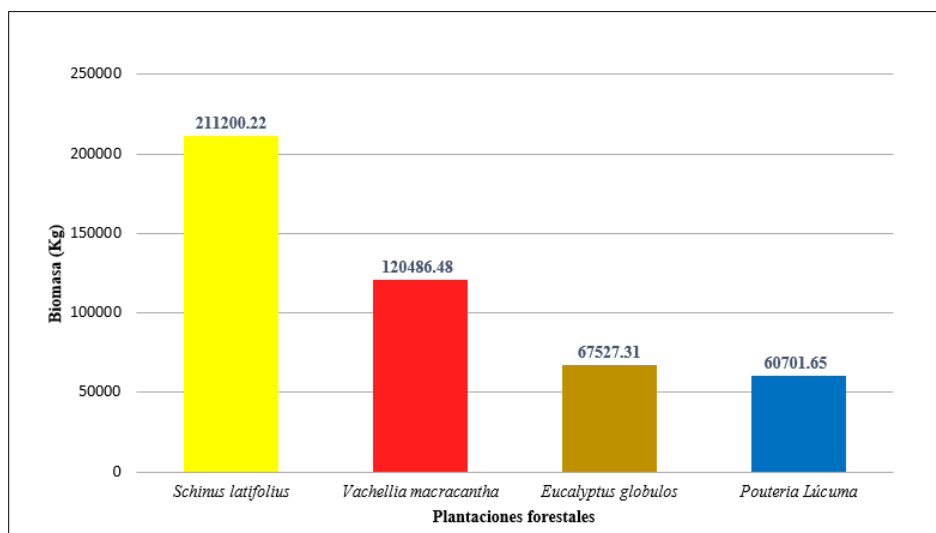


Figura 23: Biomasa total (kg) por cada especie forestal basado en la ecuación alométrica $Y = \exp[-2,289 + 2,649 \cdot \ln(D) - 0,021 \cdot (\ln(D))^2]$

En la (Figura 23), se puede observar que mayor biomasa (kg) es la Schinus latifolius con 211 200.22 Kg, seguido de Vachellia macracantha, Eucalyptus globulos y Pouteria Lúcumá con 120 486.48 kg, 67 527.31 kg y 60 701,65 Kg respectivamente.

4.2.2. Ecuación alométrica N° 2

Tabla 12

Biomasa total (kg) por especies a través de la ecuación alométrico recomendada por el INIA

Especies evaluadas	Biomasa Total (Kg)
Pouteria Lúcumá	59965.50
Vachellia macracantha	122407.44
Schinus latifolius	216508.96
Eucalyptus globulos	69032.14

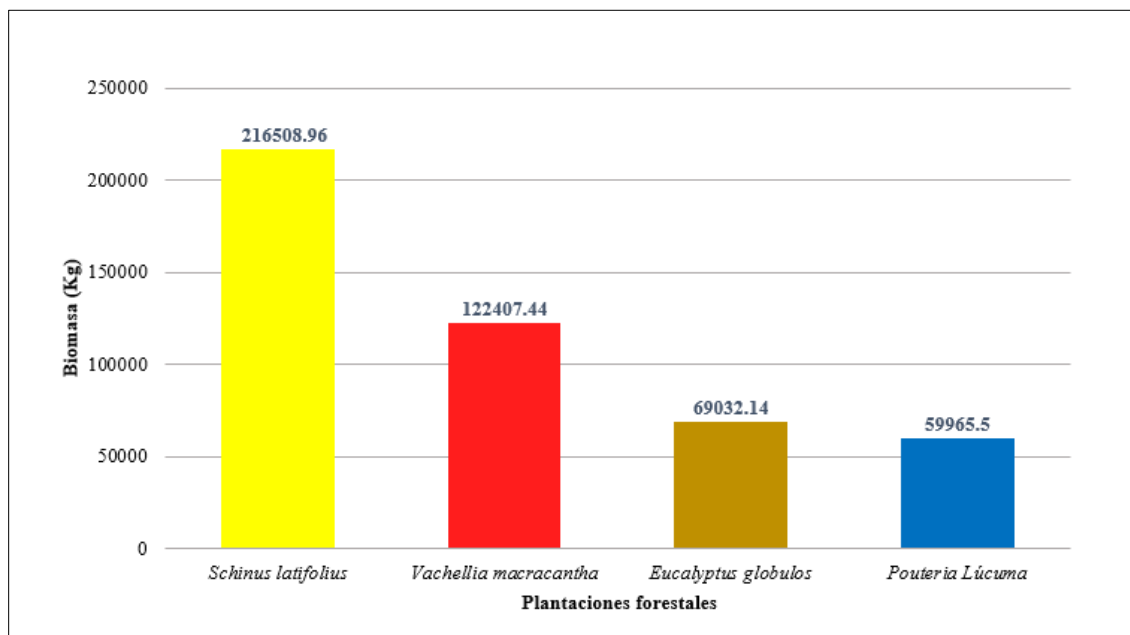


Figura 24: Biomasa total (kg) por cada especie forestal basado en la ecuación alométrico $BA=0,1184*(D)^{2.53}$

La (Figura 24), muestra que la mayor biomasa (kg) es la Schinus latifolius con 216508.96 Kg, seguido de Vachellia macracantha, Eucalyptus globulos y Pouteria Lúcumá con 122407.44 kg, 69032.14 kg y 59965.50 Kg respectivamente.

4.2.3. Ecuación alométrica N° 3

Tabla 13

Biomasa total (kg) por plantaciones a través de la ecuación alométrico recomendada por la MINAM

Especies evaluadas	Biomasa Total (Kg)
Pouteria Lúcumá	37068.45
Vachellia macracantha	61223.86
Schinus latifolius	103809.90
Eucalyptus globulos	33968.57

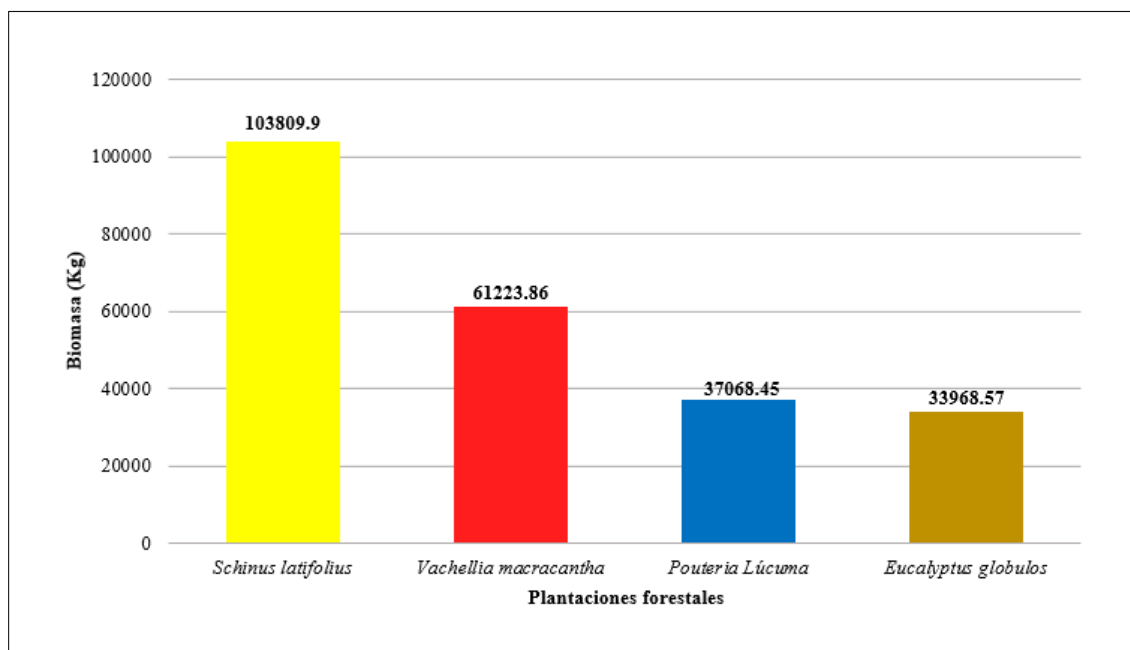


Figura 25: Biomasa total (kg) por cada especie forestal basado en la ecuación alométrico $M = \exp(-1,996 + 2,32 \ln(D))$

La (Figura 25) muestra que la mayor biomasa (kg) es la Schinus latifolius con 103809.90 Kg, seguido de Vachellia macracantha, Pouteria Lúcumá y Eucalyptus globulos con 61223.86 kg, 37068.45 kg y 33968.57 Kg respectivamente.

4.2.4. Ecuación alométrica N° 4

Tabla 14

Biomasa total (kg) por plantaciones a través de la ecuación alométrico recomendada por el ONU - RED

Especies evaluadas	Biomasa Total (Kg)
Schinus latifolius	83600,12
Vachellia macracantha	51929,89
Pouteria Lúcumá	35995
Eucalyptus globulos	27947,40

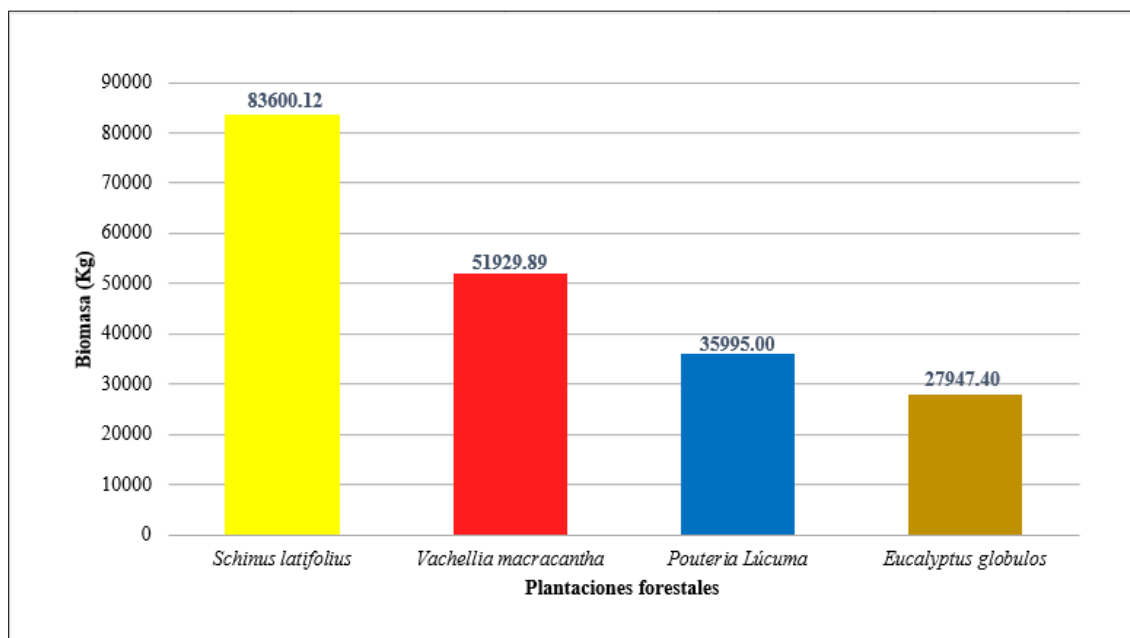


Figura 26: Biomasa total (kg) por cada especie forestal basado en la ecuación alométrico $BT = 26,63 + 0,42 * (D)^2$

La (Figura 26), muestra que la mayor biomasa (kg) es la Schinus latifolius con 83600,12 Kg, seguido de Vachellia macracantha, Pouteria Lúcumá y Eucalyptus globulos con 51929,89 kg, 35995 kg y 27947,40 Kg respectivamente.

4.2.5. Ecuación alométrica N° 5

Tabla 15

Biomasa total (kg) por plantaciones a través de la ecuación alométrico recomendada por el WWF

Especies evaluadas	Biomasa Total (Kg)
Pouteria Lúcumá	30575.64
Vachellia macracantha	42590.70
Schinus latifolius	69635.40
Eucalyptus globulos	23400.51

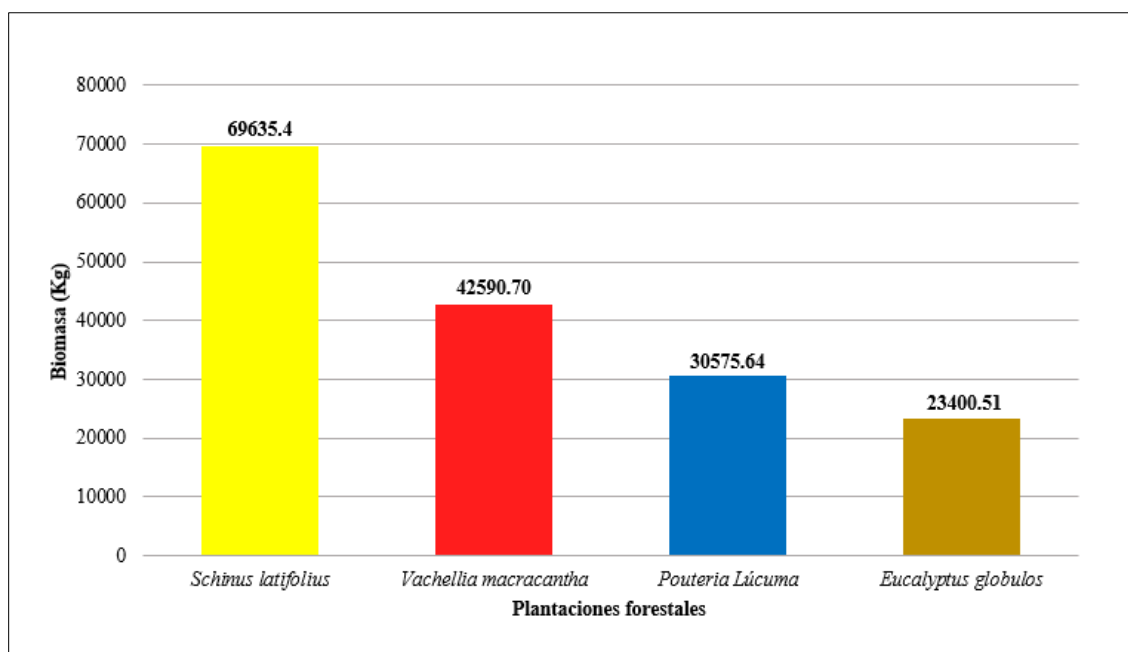


Figura 26: Biomasa total (kg) por cada especie forestal basado en la ecuación alométrico $BAV = \exp(-0,9563 + 2,1486(\ln(D)) + 1,5241\ln(\rho))$

La (Figura 27), muestra que la mayor biomasa (kg) es la especie forestal Schinus latifolius con 69635.40 Kg, seguido por las especies forestales Vachellia macracantha, Pouteria Lúcuma y Eucalyptus globulos con 42590.70 kg, 30575.64 kg y 23400.51 Kg respectivamente.

4.3. Determinación de la biomasa arbórea aplicando la ecuación propuesta por Cuenca et al. (2014)

La (Tabla 16), se demuestra que el promedio de biomasa de la especie Schinus latifolius es de 1,31 toneladas, con un total de 2×10^{-3} ton/m² para 64 árboles. Seguido del promedio de biomasa de la especie Vachellia macracantha de 0,69 toneladas, con un total de 1×10^{-4} ton/m² para 75 árboles, Eucalyptus globulos de 0,49 toneladas del total de 5×10^{-4} ton/m² para 57 árboles. Y por último el promedio de biomasa del árbol Pouteria lúcuma de 0,11 toneladas, con un total de 3×10^{-3} ton/m² para 330 árboles.

Tabla 16

Estimación de la biomasa promedio por árbol de cada especie empleando la ecuación alométricas recomendada por la ONU - RED

Especies forestales	N° de Individuos	Biomasa (kg)	Promedio de la Biomasa por árbol (ton)
Pouteria lúcuma	330	27947,40	0,11
Vachellia macracantha	75	51929,89	0,69
Schinus latifolius	64	83600,12	1,31
Eucalyptus globulos	57	27947,40	0,49

La (Tabla 17), indica la determinación de biomasa arbórea. En la cual se puede visualizar los resultados por hectárea para cada especie forestal.

Tabla 17
 Determinación de la biomasa arbórea por hectárea

Biomasa Arbórea	Pouteria lúcuma	Vachellia macracantha	Schinus latifolius	Eucalyptus globulos
Conversión de la sumatoria a toneladas: Sumatoria / 1000	37,49860632	51,92989017	83,60012036	27,94739866
Conversión del área (m2) a ha:	14000/10000 =1,4	478554,375/10000 =47,8	478554,375/10 000=47,8	478554,375/10 000=47,8
Biomasa arbórea (t//ha)	50,3930019	2482,2487503	3996,0857532	1335,885656

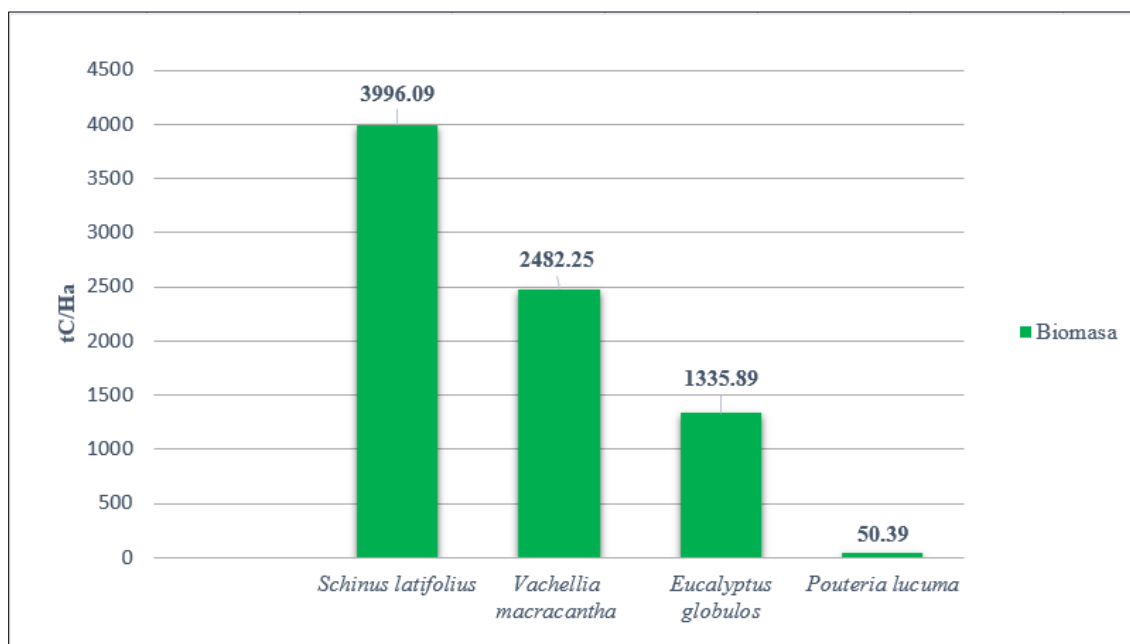


Figura 27: Determinación de biomasa por hectárea en las diferentes especies forestales

La (Figura 27), se observa la cantidad de biomasa por cada especie forestal siendo un 50,39 t/ha (0,64 %) le corresponde al plantón de Lúcuma, 1335,89 t/ha (16,99 %) le corresponde al Eucalipto, 2482,25 t/ha (31,56 %) muestra el Huarango y 3996,09 t/ha (50,81 %) le corresponde al Molle chileno.

En la tabla 18. Se demuestra la biomasa arbórea a la edad de 15 años para la especie de *Pouteria lúcum*.

Tabla 18
Biomasa arbórea de la especie forestal de Pouteria lúcum

Edad (años)	N° arboles (Unidad)	Biomasa arbórea (t/ha)
15	330	50,39

La tabla 19, indica la biomasa arbórea por edad (8, 15, 25,35 y 45 años) del total de 75 árboles para la especie de *Vachellia macracantha*. Siendo la menor cantidad de árboles a la edad (8 años) con 3 individuos respectivamente, mientras la mayor cantidad corresponde a la edad (35 años) con 30 árboles.

Tabla 19
Biomasa arbórea estimada por edad en la especie de Vachellia macracantha

Edad (años)	N° arboles (Unidad)	Biomasa arbórea (t/ha)
8	3	3,38
15	17	84,26
25	9	202,03
35	30	1112,99
45	16	1257,16

En la tabla 20, se muestra la biomasa arbórea por edad (5, 8, 15, 25 y 35 años) del total de 64 árboles para la especie de *Schinus latifolius*. Siendo la mayor cantidad de árboles a la edad (35 años) con 47 individuos respectivamente, mientras la menor cantidad corresponde a la edad (5 años) con 2 árboles.

Tabla 20

Biomasa arbórea estimada por edad en la especie forestal de Schinus latifolius

Edad (años)	N° arboles (Unidad)	Biomasa arbórea (t/ha)
5	2	3,02
8	3	13,21
15	3	25,79
25	9	361,97
35	47	3592,09

La tabla 21, indica la biomasa arbórea por edad (5, 15, 25,35 y 45 años) del total de 57 árboles para la especie de Eucalyptus globulos. Siendo la menor cantidad de árboles a la edad (25 años) con 3 individuos respetivamente, mientras la mayor cantidad comprende a la edad (5 años) con 22 árboles.

Tabla 21

Biomasa arbórea estimada por edad en la especie de Eucalyptus globulos

Edad (años)	N° arboles (Unidad)	Biomasa arbórea (t/ha)
5	22	40,92
15	15	120,91
25	3	194,49
35	5	249,63
45	12	729,93

4.4. Determinación de Stock de carbono

A continuación se muestra el carbono almacenado y el flujo de carbono, a partir de la biomasa arbórea total para cada especie forestal evaluada. En la siguiente tabla (Tabla 22) se muestra que la especie Pouteria lúcuma (15 años) presenta un contenido de carbono de 25,20 tC/ha y un flujo por año de 1,68 tC/ha.

Tabla 22
Carbono almacenado en la biomasa y el flujo anual de carbono en la especie forestal de Pouteria lúcumá

Datos promedios de las variables estudiadas			
Edad (años)	Biomasa arbórea total (t/ha)	Carbono almacenado en la biomasa (tC/ha)	Flujo anual de carbono (tC/ha/año)
15	50,39	25,20	1,68

En la siguiente tabla (Tabla 23), la especie *Vachellia macracantha* presenta un contenido de carbono de 1241,12 tC/ha. A la edad de 8 años, la especie contiene un flujo por año de 0,21 tC/ha, mientras que a los 35 años, contiene un flujo anual de 15,90 tC/ha. A los 45 años, brinda un flujo de 13,97 tC/ha por año.

Tabla 23
Carbono almacenado en la biomasa y el flujo anual de carbono en la especie forestal de Vachellia macracantha

Datos promedios de las variables estudiadas			
Edad (años)	Biomasa arbórea (t/ha)	Carbono almacenado en la biomasa (tC/ha)	Flujo anual de carbono (tC/ha/año)
8	3,38	1,69	0,21
15	84,26	42,13	2,81
25	202,03	101,01	4,04
35	1112,99	556,50	15,90
45	1257,16	628,58	13,97

Como se puede observar en la siguiente tabla (Tabla 24), la especie *Schinus latifolius* presenta un contenido de carbono de 1998,04 tC/ha. A la edad de 8 años, la especie contiene un flujo por año de 0,83 tC/ha, mientras que a los 25 años, contiene un flujo anual de 7,24 tC/ha. A los 35 años, brinda un flujo de 51,32 tC/ha por año.

Tabla 24

Carbono almacenado en la biomasa y el flujo anual de carbono en la especie de Schinus latifolius

Datos promedios de las variables estudiadas			
Edad (años)	Biomasa arbórea (t/ha)	Carbono almacenado en la biomasa (tC/ha)	Flujo anual de carbono (tC/ha/año)
5	3,02	1,51	0,30
8	13,21	6,61	0,83
15	25,79	12,89	0,86
25	361,97	180,99	7,24
35	3592,09	1796,05	51,32

En la (Tabla 25), se observa que la especie *Eucalyptus globulos* presenta un contenido de carbono de 1998,04 tC/ha. A la edad de 5 años, la especie contiene un flujo por año de 4,09 tC/ha, mientras que a los 25 años, contiene un flujo anual de 3,89 tC/ha. A los 45 años, brinda un flujo de 8,11 tC/ha por año.

Tabla 25

Carbono almacenado en la biomasa y el flujo anual de carbono en la especie de Eucalyptus globulos

Datos promedios de las variables estudiadas			
Edad (años)	Biomasa arbórea total (t/ha)	Carbono almacenado en la biomasa (tC/ha)	Flujo anual de carbono (tC/ha/año)
5	40,92	20,46	4,09
15	120,91	60,46	4,03
25	194,49	97,25	3,89
35	249,63	124,81	3,57
45	729,93	364,97	8,11

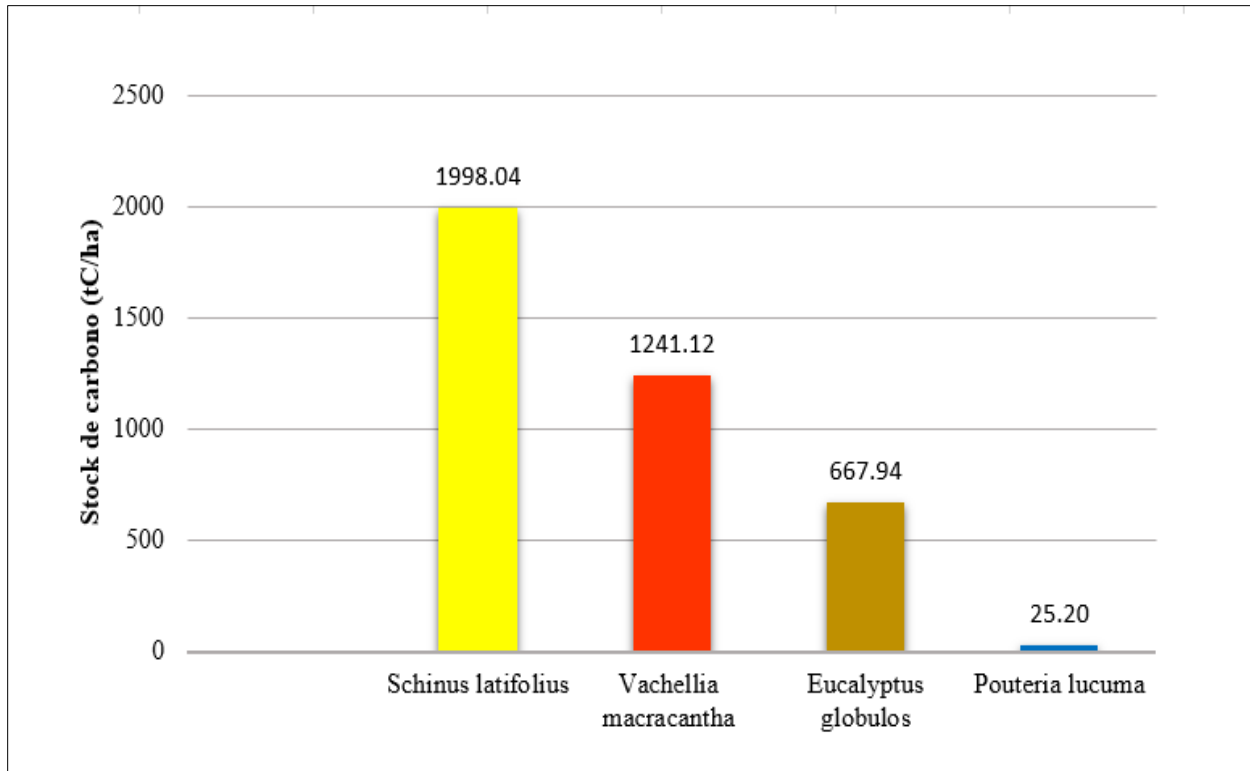


Figura 28: Stock de carbono en la biomasa arbórea de la Universidad Peruana Unión

La anterior (Figura 29), los resultados obtenidos muestran que el total de captura de carbono que se obtuvo en el campus de la Universidad Peruana Unión es de 3932,31 tC/ha. Donde la especie forestal con mayor captura es Schinus latifolius con 1998,04 tC/ha, contando con un 50,81 %, seguido por Vachellia macracantha con 1241,12 tC/ha, siendo este un 31,56 % y por ultimo con menor cantidad de aporte de carbono la especie de Pouteria lúcumá con un 25,20 tC/ha, siendo este un 0,64 % del total del secuestro de carbono del campus.

4.5. Estimación de captura de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq)

Los resultados consecutivamente mediante la estimación de captura de carbono equivalente se demuestran a continuación:

- La especie forestal *Pouteria lúcura* (15 años) presenta una captura de CO₂ de 6,16 t/ha/año, como se observa en la (Tabla 26). Mientras la especie *Eucalyptus globulos* con la misma edad contiene una captura de CO₂ de 14,78 t/ha/año (tabla 29).
- La especie forestal *Vachellia macracantha* (35 años) presenta un CO₂ capturado de 58,30 t/ha/año, observado en la tabla 27. En tanto, la especie de *Schinus latifolius* con la misma edad contiene una estimación de captura de CO₂ de 188,17 t/ha/año (tabla 28).

Tabla 26

Estimación de captura de dióxido de carbono por edad para la especie forestal de Pouteria lúcura

Pouteria lúcura (15 años)		
Carbono almacenado en la biomasa (tC/ha)	Flujo carbono anual (tC/ha)	CO ₂ equivalente (tCO ₂ /ha/año)
25,20	1,68	6,16

Tabla 27

Estimación de captura de dióxido de carbono por edad para la especie forestal de Vachellia macracantha

Edad (años)	Carbono almacenado en la biomasa (tC/ha)	Flujo carbono anual (tC/ha)	CO ₂ equivalente (tCO ₂ /ha/año)
8	1,69	0,21	0,78
15	42,13	2,81	10,30
25	101,01	4,04	14,82
35	556,50	15,90	58,30
45	628,58	13,97	51,22

Tabla 28

Estimación de captura de dióxido de carbono por edad para la especie forestal de *Schinus latifolius*

Edad (años)	Carbono almacenado en la biomasa (tC/ha)	Flujo carbono anual (tC/ha)	CO ₂ equivalente (tCO ₂ /ha/año)
5	1,51	0,30	1,11
8	6,61	0,83	3,03
15	12,89	0,86	3,15
25	180,99	7,24	26,55
35	1796,05	51,32	188,17

Tabla 29

Estimación de captura de dióxido de carbono por edad para la especie forestal de *Eucalyptus globulos*

EDAD (años)	Carbono almacenado en la biomasa (tC/ha)	Flujo carbono anual (tC/ha)	CO ₂ equivalente (tCO ₂ /ha/año)
5	20,46	4,09	15,00
15	60,46	4,03	14,78
25	97,25	3,89	14,26
35	124,81	3,57	13,08
45	364,97	8,11	29,74

4.6. Valorización económica de la captura de carbono

La valorización económica de captura de CO₂ por cada especie forestal en estudio son los siguientes:

En la (Tabla 30), se puede observar que la captura de CO₂ de 6,16 t/ha , con la edad de 15 años que suministra la especie de *Pouteria lúcumá* a un precio US\$ 24,39 la tonelada, se estima un valor económico total en la especie de US\$ 150,24 /tCO₂/ha/año.

Tabla 30

Valorización económica por edad de la captura de carbono CO₂ de la especie forestal de *Pouteria lúcum*

Edad (años)	CO ₂ equivalente (tCO ₂ /ha/año)	Valor económico (US\$) (Monto recibido cada año/Ton/Ha)
15	6,16	150,24

La (Tabla 31), demuestra que la captura de CO₂ de 0,78 t/ha (8 años), que suministra la especie de *Vachellia macracantha* a un precio US\$ 24,39 la tonelada, se obtendrá un valor económico total en la especie de US\$ 18,92 /tCO₂/ha/año. Con la edad de 35 años la especie captura CO₂ de 58,30 t/ha por la cual se obtendrá un monto económico de US\$ 1422,06 /tCO₂/ha/año. Mientras a la edad de 45 años la especie con 51,22 t/ha de CO₂ capturado se estima un valor económico de US\$ 1249,31 /tCO₂/ha/año.

Tabla 31

Valorización económica por edad de la captura de carbono CO₂ de la especie forestal de *Vachellia macracantha*

Edad (años)	CO ₂ equivalente (tCO ₂ /ha/año)	Valor económico (US\$) (Monto recibido cada año/Ton/Ha)
8	0,78	18,92
15	10,30	251,21
25	14,82	361,38
35	58,30	1422,06
45	51,22	1249,31
Total	135,42	3302,87

La (Tabla 32), demuestra que la captura de CO₂ de 1,11 t/ha (8 años), que suministra la especie de *Schinus latifolius* a un precio US\$ 24,39 la tonelada, se obtendrá un valor económico total en la especie de US\$ 27,04 /tCO₂/ha/año. Con la edad de 25 años la especie

captura CO₂ de 26,55 t/ha obtendrá un monto económico de US\$ 647,48/tCO₂/ha/año. Mientras a la edad de 35 años la especie con 188,17 t/ha de CO₂ capturado se estima un valor económico de US\$ 4589,58/tCO₂/ha/año.

Tabla 32

Valorización económica por edad de la captura de carbono CO₂ de la especie Schinus latifolius

Edad (años)	CO₂ equivalente (tCO₂ /ha/año)	Valor económico (US\$) (Monto recibido cada año/Ton/Ha)
5	1,11	27,04
8	3,03	73,85
15	3,15	76,87
25	26,55	647,48
35	188,17	4589,58
Total	222,01	5414,82

La (Tabla 33), demuestra que la captura de CO₂ de 15,00 t/ha (5 años), que suministra la especie de Eucalyptus globulos a un precio US\$ 24,39 la tonelada, se obtendrá un valor económico total en la especie de US\$ 365,96/tCO₂/ha/año. Con la edad de 25 años del sistema forestal del carbono capturado de CO₂ de 14,26 t/ha obtendrá un monto económico de US\$ 347,90/tCO₂/ha/año. Mientras a la edad de 45 años la especie con 29,74 t/ha de CO₂ capturado se estima un valor económico de US\$ 725,38/tCO₂/ha/año.

Tabla 33

Valorización económica de la captura de carbono CO₂ por edad de la especie Eucalyptus globulos

Edad (años)	CO₂ equivalente (tCO₂ /ha/año)	Valor económico (US\$) (Monto recibido cada año/Ton/Ha)
5	15,00	365,96
15	14,78	360,47
25	14,26	347,90
35	13,08	318,95
45	29,74	725,38
Total	86,87	2118,66

La (Tabla 34), muestra el valor económico total obtenido de las cuatro especies forestales estudiadas, contiene una captura de CO₂ de 444,29 t/ha, dando un ingreso anual total de US\$ 10986,59/tCO₂/ha/año.

Tabla 34
Valor económico anual de las especies evaluadas

Especie	Estimación de captura de CO ₂	Precio CO ₂ por toneladas (\$)	Valor económico (US\$/tCO ₂ /Ha	Valor económico (soles)
Pouteria lúcuma	6,16		150,24	495,78
Eucalyptus globulos	86,87		2118,66	6991,58
Vachellia macracantha	135,42	24.39	3302,87	10899,49
Schinus latifolius	222,01		5414,82	17868,90
Total	444,29		10986,59	36255,75

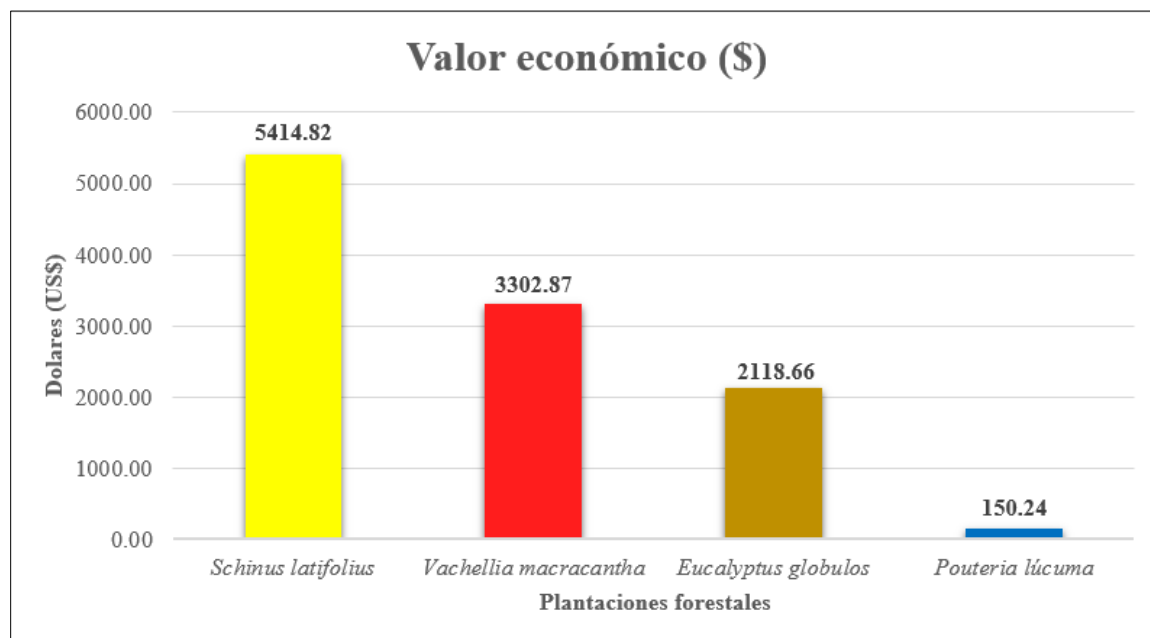


Figura 29: Valor económico anual de las cuatro especies forestales evaluadas

La (Figura 29), muestra que la especie Pouteria lúcuma cuenta con el menor ingreso económico (US\$ 150,24/ tCO₂/ha) con respecto a la CO₂ capturado, continua se encuentra la especie de Eucalyptus globulos con un ingreso económico por la captura de CO₂ de US\$ 2118,66 tCO₂/ha, La especie de Vachellia macracantha contiene un valor económico de US\$ 3302,87 tCO₂/ha y la de mayor ingreso económico presenta por su captura de CO₂ es la especie de Schinus latifolius con US\$ 5414,82 tCO₂/ha.

4.7. Comparación de la biomasa y contenido de carbono entre las especies forestales

Para comprobar si existe diferencia significativa entre la cantidad de captura de dióxido de carbono entre las especies de Pouteria lúcuma, Eucalyptus globulos, Vachellia macracantha y Schinus latifolius, se efectuó la prueba estadística de Kruskal walli, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Para lo cual se plantearon dos hipótesis:

- Hipótesis nula (H₀): La biomasa arbórea y contenido de carbono obtenidos son semejantes entre las especies forestales.
- Hipótesis alterna (H₁): La biomasa arbórea y contenida de carbono obtenidos son diferentes entre las especies forestales.

En la tabla 35, vemos que se analizaron 526 árboles. El rango promedio mayor fue para la especie de Schinus latifolius, en tanto el menor fue para Pouteria lúcuma.

Tabla 35
Rangos promedio de las especies forestales

Especies forestales	N	Rango promedio
Pouteria lúcuma	330	206,14
Vachellia macracantha	75	370,78
Schinus latifolius	64	442,95
Eucalyptus globulos	57	252,94
Total	526	

La (Tabla 36), muestra los resultados de la prueba estadística de Kruskal wallis, donde el valor del estadístico H, que para 3 grados de libertad fue de 173,926. Se observa en la (p) el valor de 0,000.

Tabla 36
Resultados de estadísticos de prueba Kruskal wallis

	Resultados
Chi-Cuadrado	173, 926
Grados de libertad	3
(p) Kruskal-Wallis	0,000

Podemos decir entonces como el valor de p (Sig. asintot.) es menor que 0,05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se concluye que con un nivel de significancia del 95%, la biomasa arbórea y cantidad de carbono obtenidos son diferentes entre las especies forestales estudiadas (ver tabla 37).

Tabla 37
Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Biomasa arbórea es la misma entre las categorías de Especies Forestales	Prueba de Kruskal-Wallis	0,000	Rechazar la hipótesis nula
2	La distribución del contenido de carbono es la misma entre las categorías de Especies Forestales	Prueba de Kruskal-Wallis	0,000	Rechazar la hipótesis nula

Nivel de significancia de 0,05

4.8. Discusión

En el estudio se identificó que la ecuación alométrica que mejor se ajustó para la determinación de la biomasa aérea por cada individuo arbóreo fue la ecuación propuesta por Cuenca et al. (2014), con un coeficiente de determinación (R^2) igual a 1. Además, es bien sabido que las ecuaciones alométricas son influenciadas tanto por las condiciones ecológicas de los sitios de crecimiento del árbol y las prácticas de gestión (por ejemplo, la poda intensiva, la frecuencia de monte bajo, la fertilización) (Diédhiou et al., 2017). Mediante el análisis de estadísticos descriptivos se pudo observar la existencia de la relación de proporcionalidad entre la biomasa y el diámetro (Sola, Picard, Saint-André, & Matieu, 2012). Por ello la especie *Schinus latifolius* se diferencia en sus hojas y estructura de fuste de mayor diámetro que varía entre 12 a 91 cm y su biomasa de 83600,12 kg. Según el estudio realizado por Gayoso & Guerra (2005) las mayores diversificaciones del contenido de carbono las presentan las hojas de cada especie forestal.

En esta investigación se ha optado por determinar la estimación de las edades mediante el diámetro como dato previo también para la estimación del carbono capturado. Está basada tanto en la revisión bibliográfica, así como entrevistas al personal del área de servicios de la Universidad Peruana Unión en donde indicó un aproximado de las edades de las especies *Schinus latifolius*, *Vachellia macracantha* y *Eucalyptus globulos*, en cuanto a la especie *Pouteria lúcumá* la edad es conocida. Siendo esta información recopilada no tan aproximado a las edades reales, se optó por realizar una determinación de las edades mediante otros métodos. Según la literatura, existen varias formas de determinar la edad de los árboles. Un método más empleado para la determinación de la edad de un árbol es el de cuantificar los anillos a partir de secciones transversales del fuste, esto requiere talar el árbol (Gimenez, Moglia y Ferreyra, 2010). Este método no se pudo realizar en el campus de la

universidad ya que se estaría perdiendo la población de árboles por ende la belleza paisajística de la universidad.

El aumento de biomasa en los primeros años de desarrollo es bajo y por tanto, la capacidad de fijación de CO₂ es limitado (FAO, 2018). Por ello, la biomasa aérea estimada en este estudio a la edad de 5 años que muestra *Schinus latifolius* es de 3,02 t/ha, contrariamente a la edad de 8 años con 13,21 t/ha para la misma especie. A partir de la edad entorno a los 20-25 años se produce un incremento anual de un 20 por ciento de la biomasa. Mientras a la edad de 35 años el incremento de la biomasa que presenta *Schinus latifolius* es de 3592,09 t/ha, *Vachellia macracantha* con 1112,99 t/ha y *Eucalyptus globulos* de 249,63 t/ha. Según Álvarez et al. (2005) los plantones en la etapa de vejez entre los 32 y 51 años de edad continúan brindando una serie de beneficios tanto para el ser humano como para el medio ambiente, beneficiando la conservación de flora y fauna, así como la reducción de erosión de suelo.

En este estudio la especie de *Eucalyptus glóbulos* a la edad de 15 años obtuvo una fijación anual de carbono de 4,03 tC/ha/año de una estimación de biomasa de 120,91 Tn/ha contrariamente a los resultados de estudio realizado por el Grupo Empresarial (ENCE, 2009) para la misma edad fija 112,58 Tn/ha, con incrementos anuales de 7,04 tC/ha/año. Esta diferencia se debe a que esta investigación cuenta con un método diferente aplicado al presente estudio. Además se debe tomar en consideración el tipo de vegetación, condiciones del sitio, localización y clima lo que concuerda con otros autores (Álvarez et al., 2005). Por otro lado, las especies forestales a mayor edad, contienen mayor contenido de carbono, por lo que es una alternativa eficaz en el servicio ambiental de captura de dióxido de carbono, al igual que los resultados de esta investigación se puede observar que la especie de *Schinus latifolius* con mayor stock de carbono pertenece a la edad 35 años, en comparación con las demás especies. Por consiguiente se corrobora a lo expuesto por Pinedo (2015), que analizó el contenido de

carbono con respecto a la edad, encontrando el mayor contenido de carbono en especies de mayor edad.

La especie forestal *Vachellia macracantha* (35 años) presenta una captura de CO₂ equivalente de 58,30 tCO₂ /ha/año; en tanto, *Schinus latifolius* contiene una estimación de captura de CO₂ equivalente de 188,17 tCO₂ /ha/año difiere con el autor Águila (2014) que encontró mayor cantidad de carbono equivalente en la especie de 35 años con un total de 303,14 tCO₂/ha. Esta diferencia se debe a que depende de las características de cada especie, densidad en arboles por hectárea, tamaño de copa, edad e índice de sitio, biomasa y carbono generado lo que influye significativamente en la cantidad de dióxido de carbono capturado. (López et al., 2016). En el caso de que los árboles sean longevos pueden llegar a retener el dióxido de carbono por varios años, manteniendo un flujo continuo en la zona.

Con respecto al valor económico, se tomó en cuenta que a nivel internacional se ha fijado un precio aproximado de US\$ 24,39 por concepto de captura de dióxido de carbono. Por tanto para esta investigación se estimó un total de 10986,59 US\$/tCO₂. para las cuatro especies forestales. Siendo el monto económico estimado del estudio de US\$ 2118,66/tCO₂/ha para la especie de *Eucalyptus globulos* este resultado difieren de Gamarra (2001) quien determino un valor económico de US\$ 1811,04/tCO₂/ha de la misma especie. Esta diferencia se debe a que Gamarra (2001) realizo su investigación en especies forestales de distintas edades y diferentes números de individuos evaluados.

5. CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En base a los objetivos planteados en el presente estudio de investigación y mediante la determinación de los resultados tomados de la medición de las cuatro especies forestales se llegan a las siguientes conclusiones:

- La ecuación alométrica que mejor se ajustó en el estudio, fue la ecuación tipo cuadrática propuesta por Cuenca et al., (2014) con un coeficiente de determinación (R^2) igual a 1. Se consideró las condiciones climáticas, tipo y edad de las especies presentes en la zona de estudio para la determinación de la captura de carbono.
- Se determinó la biomasa arbórea por cada especie forestal siendo un 50,39 t/ha (0,64%) le corresponde a la especie *Pouteria lúcuma*, 1335,89 t/ha (16,99 %) le corresponde al *Eucalyptus globulos*, 2482,25 t/ha (31,56 %) muestra *Vachellia macracantha* y 3996,09 t/ha (50,81 %) le corresponde a la especie *Schinus latifolius*.
- Se determinó el contenido de carbono de 1998,04 tC/ha pertenece al *Schinus latifolius*, seguido por *Vachellia macracantha* (1329,91 tC/ha), *Eucalyptus globulos* (667,94 tC/ha) y por último la *Pouteria lúcuma* (25,20 tC/ha).
- Se determinó la captura de CO_2 equivalente para la especie de *Schinus latifolius* de 222,01 t CO_2 /ha/año, *Vachellia macracantha* con 135,42 t CO_2 /ha/año, *Eucalyptus globulos* es de 86,87 t CO_2 /ha/año y *Pouteria lúcuma* con 6,16 t CO_2 /ha/año.
- Se valorizó económicamente la captura de CO_2 equivalente para *Schinus latifolius* con US\$ 5414,82 t CO_2 /ha/año equivalente a S/ 17868,90 soles, seguido por la *Vachellia macracantha* (US\$ 3302,87/t CO_2 /ha/año) siendo S/ 10899,49 soles,

Eucalyptus globulos (US\$ 2118,66/tCO₂/ha/año) equivalente a S/ 6991,58 soles y Pouteria lúcuma (US\$ 150.24/tCO₂/ha/año).siendo S/ 495,78 soles. Por tanto, el valor económico anual total para las cuatro especies asciende aproximadamente US\$ 10986,59/tCO₂/ha/año, que equivalen en la moneda nacional a S/. 36255,75 soles.

5.2. Recomendaciones

- Efectuar nuevos estudios para el desarrollo de ecuaciones alométricas específicas para la determinación de biomasa de especies no estudiadas, con el fin de obtener una base de datos reales afines a las condiciones ambientales del Distrito de Lurigancho, entorno a nuestro país.
- Efectuar más estudios mediante el aprovechamiento de inventarios forestales que realizaron otras investigadores para determinar la biomasa y posterior, calcular el contenido de carbono para menores costos.
- Reforestar y forestar con especies forestales que contengan mayor producción de captura de carbono como el Eucalyptus globulos al ser de crecimiento rápido y produce biomasa con rapidez en forma que contribuya a mejorar los servicios ambientales en el secuestro de carbono.
- Emplear el método directo o destructivo en futuras investigaciones para obtener una mejor precisión en los datos y resultados, tomando en consideración la presente investigación para analizar los resultados determinados mediante el método directo.

REFERENCIAS

- Abas, N., & Khan, N. (2014). Carbon conundrum, climate change, CO2 capture and consumptions. *Journal of CO2 Utilization*, 8(May 2013), 39–48.
<https://doi.org/10.1016/j.jcou.2014.06.005>
- Aguirre, Z. (2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador*. Retrieved from <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Bosques-Secos4.pdf>
- Álvarez-Dávila, E., Cayuela, L., González-Caro, S., Aldana, A. M., Stevenson, P. R., Phillips, O., ... Rey-Benayas, J. M. (2017). Forest biomass density across large climate gradients in northern South America is related to water availability but not with temperature. *PLoS ONE*, 12(3), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171072>
- Ampuero, P. (2010). *Valoración económica de servicio ambiental del secuestro de CO2 de Terminalia Catappa L. Castaña - en la zona urbana del distrito de Punchana, Iquitos - Peru 2015*. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Aurelio, M. (1558). frases célebres sobre la investigación científica.
- Bailey, L., & Revell, P. (2015). Climate change. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (Second Edition)*, 3, 839–847.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.72101-5>
- Benson, N. (2008). Carbon Cycle. *Encyclopedia of Ecology*, 1–3(January 2008), 517–528.
<https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00595-4>
- Borras, S. (2013). La justicia climática: entre la tutela y la fiscalización de las responsabilidades. *Anuario Mexicano de Derecho Internacional*, 13(13), 3–49. <https://doi.org/10.1016/s1870->

4654(13)71038-9

Bréchet, T., Ménière, Y., & Picard, P. M. (2016). The Clean Development Mechanism in a World Carbon Market. *Canadian Journal of Economics / Revue Canadienne D'économique*, 49(4), 1569–1598. <https://doi.org/10.1111/caje.12244>

Burian, M., & Arens, C. (2014). The clean development mechanism A tool for financing low carbon development in Africa? *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 6(2), 166–191. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-03-2013-0033>

Caballero, M. G., & Ticse, A. M. del C. (2017). *Caracterización de macrocomponentes en pulpa congelada de tres biotipos de Lúcumá (Pouteria lucuma)*. Universidad San Ignacio de Loyola. Retrieved from http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/2749/1/2017_Alegre_Caracterizacion-de-microcomponentes.pdf

Cairns, R. D., & Lasserre, P. (2004). Reinforcing economic incentives for carbon credits for forests. *Forest Policy and Economics*, 6(3–4), 321–328. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2004.03.007>

Campos, P., Sanmartí, N., Torres, D., Mingo, B., Fernandez, M. Á., Boixaderas, N., ... Gullón, J. (2006). *Biología*. 2. (S. A. VICENS VIVES, Ed.). México: Limusa Noriega. Retrieved from <https://goo.gl/zfNthn>

CMNUCC. (2002). Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. <https://doi.org/FCCC/INFORMAL/84>. GE.05-62301 (S) 220705 220705

Cuenca, M. E., Jadán, O., Cueva, K., & Aguirre, C. (2014). Carbono y ecuaciones alométricas para grupos de especies y bosque de tierras bajas , Amazonía Ecuatoriana. *CEDAMAZ*,

4(January 2014), 21–31. Retrieved from

<https://www.researchgate.net/publication/269095325%0ACarbono>

Das, S., & Singh, T. P. (2012). Correlation analysis between biomass and spectral vegetation indices of forest ecosystem. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 1(5), 1–13. <https://doi.org/ISSN: 2278-0181>

Di Marco, E. (2011). (*Eucalipto blanco*) *Familia Myrtaceae*. Retrieved from forestindustria.magyp.gob.ar/.../eucalyptus-globulus-sp-globulus-labill-familia-myrtaceae

Diédhiou, I., Diallo, D., Mbengue, A., Hernandez, R. R., Bayala, R., Diéme, R., ... Sène, A. (2017). Allometric equations and carbon stocks in tree biomass of *Jatropha curcas* L. in Senegal's Peanut Basin. *Global Ecology and Conservation*, 9, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.11.007>

Diéguez, U., Castedo, F., Barrio, M., Álvarez, J. G., Rojo, A., & Ruiz, A. D. (2005). Prácticas de dasometría, (January). Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Alberto_Rojo.../Practicas-de-dasometria.pdf

Douglass, L. L., Possingham, H. P., Carwardine, J., Klein, C. J., Roxburgh, S. H., Russell-Smith, J., & Wilson, K. A. (2011). The effect of carbon credits on savanna land management and priorities for biodiversity conservation. *PLoS ONE*, 6(9), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023843>

FAO. (2015). Fra 2015 terms and Definitions. *Forest Resources Assessment Working Paper*, 181, 33.

Filipchuk, A., Moiseev, B., Malysheva, N., & Strakhov, V. (2018). Russian forests: A new approach to the assessment of carbon stocks and sequestration capacity. *Environmental*

Development, 26(July 2017), 68–75. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2018.03.002>

Fischer, A. P. (2018). Forest landscapes as social-ecological systems and implications for management. *Landscape and Urban Planning*, 177(June 2017), 138–147.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.001>

Foley, T. G., Richter, D. deB, & Galik, C. S. (2009). Extending rotation age for carbon sequestration: A cross-protocol comparison of North American forest offsets. *Forest Ecology and Management*, 259(2), 201–209. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.10.014>

Gavali, R. S., & Shaikh, H. M. Y. (2015). Estimation of Carbon Storage in the Tree Growth of Solapur University Campus , Maharashtra , India. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(4), 2364–2367.

Giffen, R. A., Schwalm, C., Perschel, R., Duffy, P., Houghton, R. A., Price, W., & Lowenstein, F. (2017). Seeing Forests for More than Carbon in the Trees: Incentivizing Actions beyond Carbon Storage to Mitigate Climate Change. *Journal of Forestry*, 115(4), 329–331.

<https://doi.org/10.5849/jof.2016-016>

Gimenez, A., Moglia, G., & Ferreyra, S. (2010). Determinacion de la edad del árbol de la casa de Facundo Quiroga en los Llanos de La Rioja. *Revista de Ciencias Forestales - Quebracho*, 18(1,2), 71–78. Retrieved from

<http://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/v18a08.pdf>

Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología : procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Costa Rica: CATIE. Retrieved from <https://goo.gl/XtH8Kk>

Gobierno de España. (2018). La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Retrieved September 13, 2018, from

<https://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/CMNUCC.aspx>

Gonzales, M. M. (2011). *Capacidad de captura de carbono en los distintos sistemas de uso de la tierra en el campo experimental de Tulumayo - Leoncio Prado*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Gratelly, P., & Muñoz, E. (2014). Captura de carbono de especies arbóreas en sistemas multiestrato en el fundo. *Conocimiento Amazónico*, 5(2), 129–137.

Grupo Banco Mundial. (2019). Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita) | Data. Retrieved March 24, 2019, from https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?end=2014&locations=PE&start=1960&year_low_desc=false

Grupo Empresarial ENCE. (2009). La gestión forestal sostenible y el Eucalipto. Retrieved from https://www.ence.es/pdf/EI_Eucalipto.pdf

Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. (n.d.).

Gupta, Y. (2011). Carbon Credit : A Step Towards Green. *Global Journal of Management and Business Research*, 11(5), 16–20.

Gutiérrez, B. (2013). Manual N° 47 - Propagación de especies forestales nativas de las zonas áridas y semiáridas de Chile. *INFOR (Instituto Forestal de Chile)*, 1–142.

Haines, A. (2001). Climate Change and Health. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 1990–1995. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/04168-1>

Hurtado, I., Trivelli, C., & Brack, A. (2000). *Perù: El problema agrario en debate*.

Indecopi. Tema : Lúcumá Pouteria lucuma, Pub. L. No. 1, 1 (2015). Lima.

Instituto Metropolitano de Planificación. (n.d.). *Plan Regional de Desarrollo Concertado de Lima (2012-2025) Lima Todos Somos*. Retrieved from sinia.minam.gob.pe/modsinia/public/docs/3225.pdf

Jorgensen, S., & Fath, B. (2008). *Encyclopedia of ecology* (First edit). The Netherlands: Elsevier B. V. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=6IQY8Uh1aA0C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Keith, H., Barrett, D., & Keenan, R. (2000). *Review of Allometric Relationships for Estimating Woody Biomass for New South Wales , the Australia Capital Territory, Victoria, Tasmania and South Australia. The Australian Greenhouse Office is the lead Commonwealth agency on greenhouse matters*. Australia. Retrieved from <http://www.greenhouse.gov.au/ncas/>

Klapwijk, M. J., Boberg, J., Bergh, J., Bishop, K., Björkman, C., Ellison, D., ... Mårald, E. (2018). Capturing complexity: Forests, decision-making and climate change mitigation action. *Global Environmental Change*, 52(November 2017), 238–247. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.07.012>

Lipovetsky, G. (2015). frases ecologistas: para estudiar y cuidar mejor el entorno, el turismo (la ecología, el medioambiente).

Liu, L., Stephane, K., & Zhang, W. (2018). Country variation of Clean Development Mechanism project registration time: an exploratory analysis by the Cox model. *Procedia Computer Science*, 131, 573–578.

Ludwig, F., Dawson, T. E., Kroon, H., Berendse, F., & Prins, H. H. T. (2003). Hydraulic lift in

- Acacia tortilis trees on an East African savanna. *Oecologia*, 134(3), 293–300.
<https://doi.org/10.1007/s00442-002-1119-x>
- Martel, C., & Cairampoma, L. (2012). Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en Cira, Madre de Dios (Perú). *Ecología Aplicada*, 11(2), 59–65.
- Mary Saral, A., Steffyselcia, S., & Devi, K. (2017). Carbon storage and sequestration by trees in VIT University campus. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 263(2), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/263/2/022008>
- MIMAN, M. del A. (2016). *COP20: El espíritu de Lima que movilizó un acuerdo climático global* (Ministerio). Lima, Perú: Biblioteca Nacional del Perú. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/cop20/>
- MINAM, M. del A. (2014). *Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. Biblioteca Nacional del Perú*. Lima, Perú.
- Miranda, L., & Chávez, S. (2012). Perfil y escenarios climáticos de Lima Metropolitana. *XIII Actualidad Gubernamental*, (50), 4–6.
- Návar, J., Rodríguez, F. de J., & Domínguez, P. (2013). Ecuaciones alométricas para árboles tropicales: aplicación al inventario forestal de Sinaloa , México. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2), 347–356.
- Nie, S., Wang, C., Zeng, H., Xi, X., & Li, G. (2017). Above-ground biomass and biomass components estimation using LiDAR data in a coniferous forest. *Ecological Indicators*, 78(4), 221–228. <https://doi.org/10.3390/f4040984>
- Nieuwland, B., & Mamani, J. M. (2017). Las lomas de Lima: enfocando ecosistemas desérticos como espacios abiertos en Lima metropolitana. *Espacio Y Desarrollo*, 133(29), 109–133.

<https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201701.005>

Obergassel, W., Peterson, L., Mersmann, F., Schade, J., Hofbauer, J. A., & Mayrhofer, M.

(2017). Human rights and the clean development mechanism: lessons learned from three case studies. *Journal of Human Rights and the Environment*, 8(1), 51–71.

<https://doi.org/10.4337/jhre.2017.01.03>

Ocman, C. (2015). Los gobiernos locales y la cooperación transregional como alternativa a la política internacional de cambio climático. *Norteamérica*, 10(1), 217–227.

<https://doi.org/10.20999/nam.2015.a008>

OSINFOR, O. de S. de los R. F. y de F. S. (2013). *Distribución de las especies forestales del Perú*. Lima. Retrieved from

https://www.osinfor.gob.pe/portal/data/destacado/adjunto/especies_forestales.pdf

Pachauri, R. ., & Reisinger, A. (2007). *Cambio climático 2007*. Suiza: IPCC.

Paredes, R. (2018). Paleoethnobotany of the Early Initial Period of Gramalote in Northern Peru.

Economic Botany, 72(1), 94–106. <https://doi.org/10.1007/s12231-018-9402-x>

Pécastaing, N., Dávalos, J., & Inga, A. (2018). The effect of Peru's CDM investments on

households' welfare: An econometric approach. *Energy Policy*, 123(August), 198–207.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.047>

Potadar, V. ., & Patil, S. . (2016). Carbon Storage and Sequestration by Trees in and Around

University Campus of Aurangabad City, Maharashtra. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(4), 5459–5468.

<https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2016.0504179>

Powell, P. A., Nanni, A. S., Názaró, M. G., Loto, D., & Gasparri, N. I. (2018). Characterization of

forest carbon stocks at the landscape scale in the Argentine Dry Chaco Forest Ecology and Management Characterization of forest carbon stocks at the landscape scale in the Argentine Dry Chaco. *Forest Ecology and Management*, 424(May), 21–27.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.033>

Prado, J. A. (2015). Plantaciones Forestales.

PRAXAIR. (2016). Carbon dioxide Safety Data Sheet P-4574. Retrieved from

<http://amp.generalair.com/MsdsDocs/PA4574S.pdf>

Rao, A. B., & Kumar, P. (2014). Cost implications of carbon capture and storage for the coal power plants in India. *Energy Procedia*, 54, 431–438.

<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.07.285>

Riebeek, H. (2011). The Carbon Cycle. *NASA Earth Observatory*. Retrieved from

<https://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle>

Rodés, R., & Collazo, M. (2006). *Manual de prácticas de fotosíntesis*. (L. prensas de Ciencias, Ed.) (1ra Edición). México: UNAM, Facultad de Ciencias. Retrieved from

<https://goo.gl/mnivga>

Rotenberg, E., & Yakir, D. (2010). Contribution of semi-arid forests to the climate system.

Science, 327(5964), 451–454. <https://doi.org/10.1126/science.1179998>

Rothman, D. H. (2014). Earth's Carbon Cycle : a Mathematical Perspective. *Bulletin (New Series) of the American Mathematical Society*, 52(1), 47–64.

Rügnitz, M., Chacón, M., & Porro, R. (2009). *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales (Primera)*. World Agroforestry Centre (ICRAF). Lima, Perú.

- Sánchez, E., Castro, T., Peralta, O., Álvarez, H., Espinosa, M. de la L., & Martínez, A. (2016). Estimated carbon dioxide exchange for three native species in an ecological reserve of Mexico City. *Atmósfera*, 29(3), 189–196. <https://doi.org/10.20937/ATM.2016.29.03.01>
- Seigler, D. S., & Ebinger, J. E. (2007). (1777 – 1779) Proposals to conserve the names *Acacia macracantha* against *Mimosa lutea* , *A . constricta* against *M . arcuata* , and *A . collinsii* against. *Taxon*, 56(May), 608–610.
- SENDECO2. (2018). Precios CO2 - Sendeco2.
- SERFOR, S. N. F. y de F. S. (2017). *Nuestros bosques en números*. (Comunicación y Sostenibilidad S.A.C., Ed.), *Biblioteca Nacional del Perú* (1era edici). Lima. Retrieved from [https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/Nuestros Bosques en Numeros.pdf](https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/Nuestros-Bosques-en-Numeros.pdf)
- Sheikh, A. Q., Skinder, B. M., & Ganai, B. A. (2014). Terrestrial Carbon Sequestration as a Climate Change Mitigation Activity. *Journal of Pollution Effects & Control*, 2(January 2015), 1–8. <https://doi.org/10.4172/jpe.1000110>
- Sparrow, G. (1999). *Carbon*. New York: Benchmark Books/Marshall Cavendish. Retrieved from https://books.google.com.pe/books?id=djl5z4GbhM0C&printsec=frontcover&dq=carbon&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwioiK2tr_LcAhUBGJAKHYrNACoQ6wEIMjAC#v=onepage&q=carbon&f=false
- Streck, C., Keenlyside, P., & Unger, M. von. (2016). The Paris Agreement : A New Beginning. *Journal for European Environmental & Planning Law*, 13, 3–29.
- Toochi, E. C. (2018). Carbon sequestration: how much can forestry sequester CO2? *Forestry Research and Engineering: International Journal*, 2(3), 148–150. <https://doi.org/10.15406/freij.2018.02.00040>

- Torres, M. E. (2008). *Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea y captura de CO₂ en Bolaina (Guazuma crinita C. Martius), en el sector de Santa Rosa de Shapajilla*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD.
- Vasquez, J. Y. (2015). *Cambio de uso del suelo y su efecto en la temperatura y humedad del ambiente de la Universidad Peruana Unión, Ñaña, Lima, Perú*. Universidad Peruana Unión.
- Veblen, T. T., Young, K. R., & Orme, A. R. (2007). *The Physical Geography of South America*. (I. Oxford University Press, Ed.). New York: Oxford University Press. Retrieved from https://books.google.com.pe/books?id=Yn88DwAAQBAJ&pg=PA179&lpg=PA179&dq=vegetacion+en+la+costa+peruana+journal&source=bl&ots=82TovcNdJO&sig=AevviVhbUK0_SZ8mwY0f3S2mHd4&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi455_DqpHdAhVPq1kKHf14B2U4ChDoATACegQICBAB#v=onepage&q=vegetacion
- Whitehead, D. (2011). Forests as carbon sinks - Benefits and consequences. *Tree Physiology*, 31(9), 893–902. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpr063>
- WWF. (2014). *Estimación del carbono en la biomasa aérea de los bosques de la región de Madre de Dios*. Madre de Dios Perú.
- Yahia, E. M., & Gutierrez-Orozco, F. (2011). Lucuma (*Pouteria lucuma* (Ruiz and Pav.) Kuntze). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits: Cocona to Mango*, 18, 443–449. <https://doi.org/10.1533/9780857092885.443>
- Yi, Q., Zhao, Y., Huang, Y., Wei, G., Hao, Y., Feng, J., ... Li, W. (2018). Life cycle energy-economic-CO₂emissions evaluation of biomass/coal, with and without CO₂capture and storage, in a pulverized fuel combustion power plant in the United Kingdom. *Applied Energy*, 225(April), 258–272. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.05.013>

ANEXOS

Anexo A: Mapas perimetral del área total y distribución de las especies forestales de la presente investigación

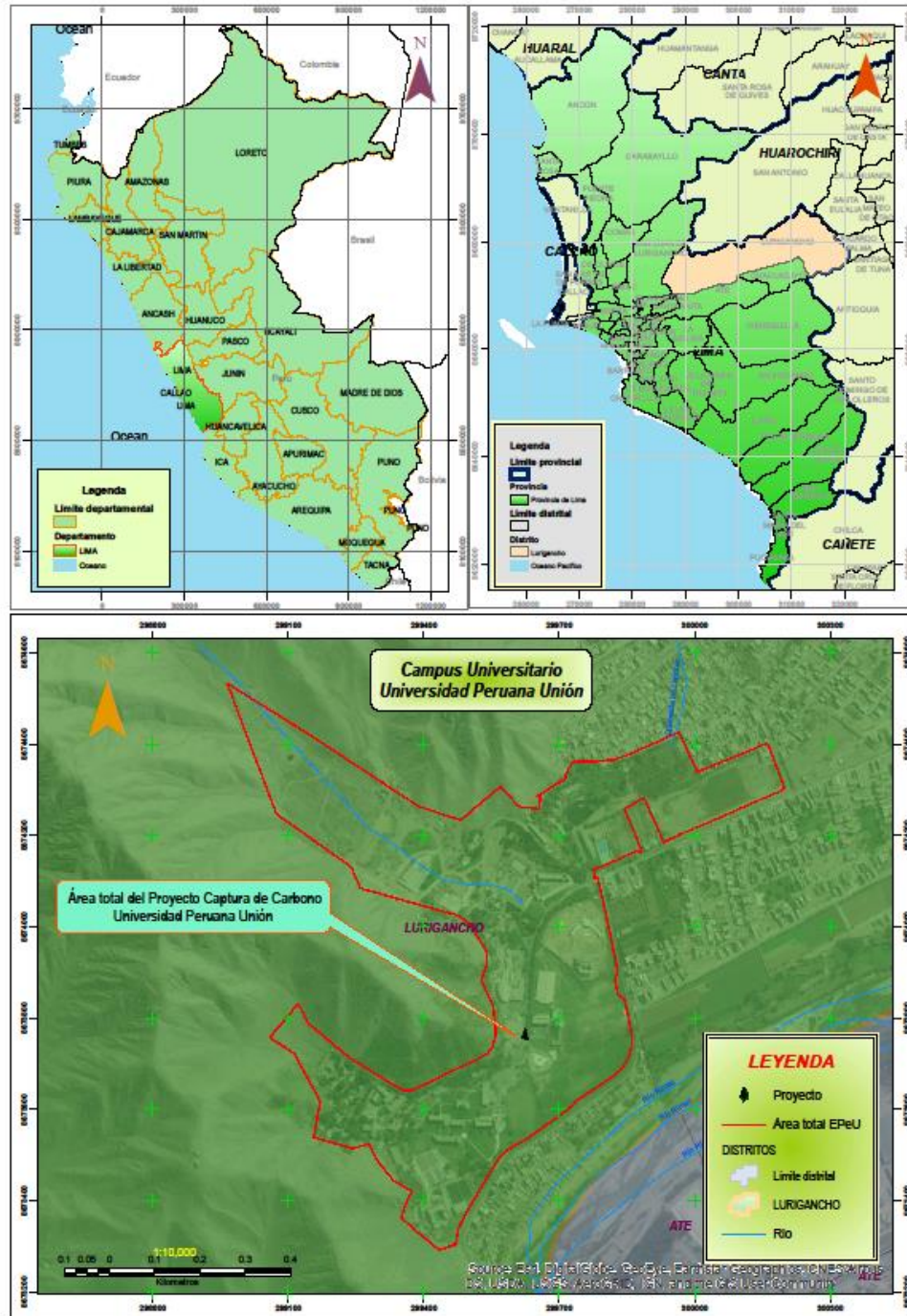


Figura A1. Mapa perimetral del área total del proyecto de investigación.

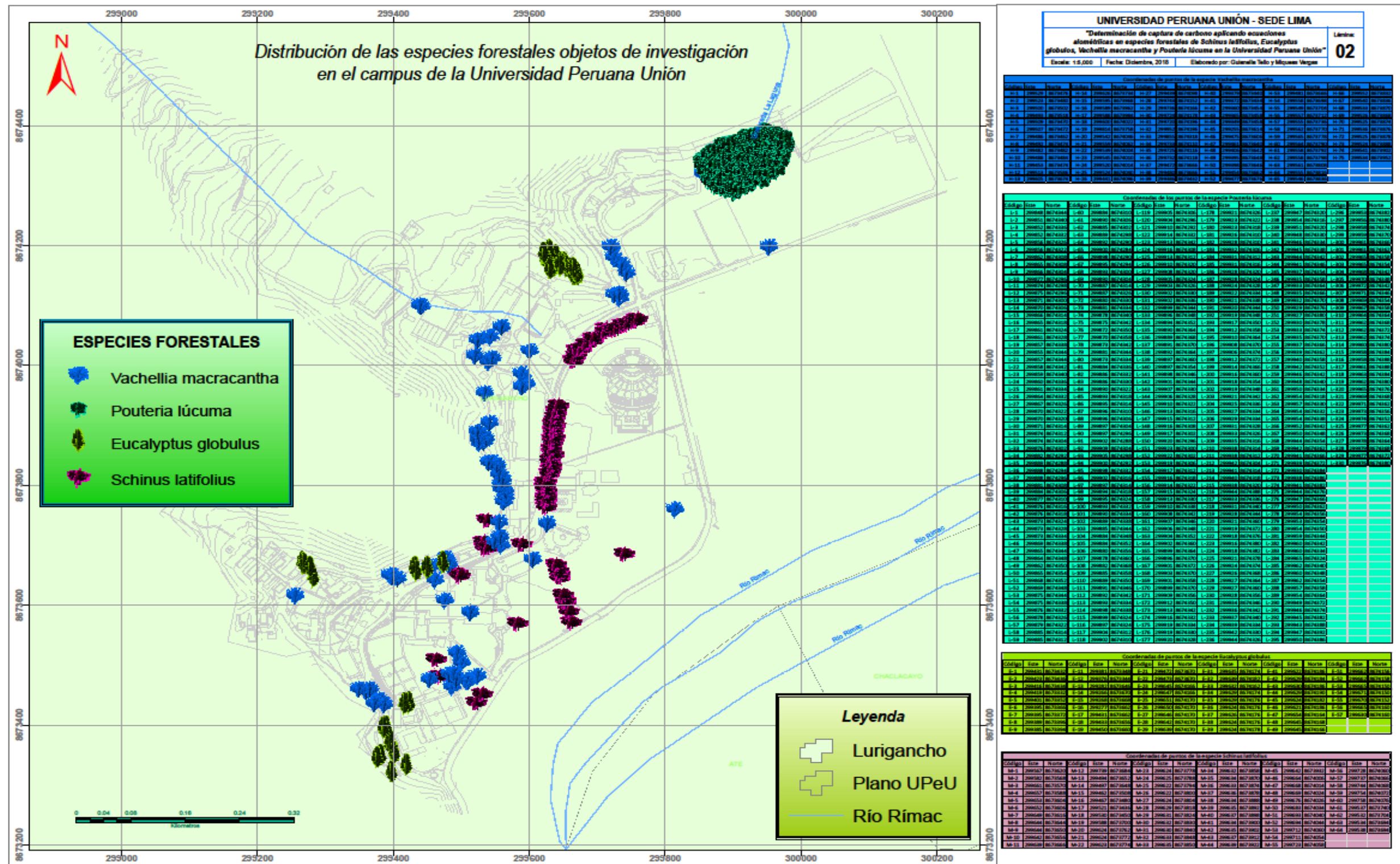


Figura A2. Mapa de distribución de las especies forestales en el campus de la Universidad Peruana Unión

Anexo B: Formatos de datos recolectados de las especies forestales

Tabla B1. Recolección de datos de la especie Pouteria lúcumá.

Nº Árbol (L)	Coordenadas		Diám etro (cm)	Alt ura (m)	Nº Ár bol	Coordenadas		Diámetr o (cm)	Altura (m)
1	299848	8674344	14,32	3,9	175	299919	8674334	14,01	4,0
2	299851	8674340	14,32	5,0	176	299919	8674330	19,42	5,0
3	299852	8674336	17,19	5,2	177	299920	8674328	21,96	5,0
4	299852	8674332	17,83	4,6	178	299921	8674326	18,14	5,0
5	299856	8674326	21,01	5,5	179	299923	8674322	21,96	5,7
6	299856	8674322	20,37	5,6	180	299923	8674318	19,74	5,5
7	299862	8674308	17,19	5,2	181	299926	8674310	18,46	5,6
8	299865	8674308	20,69	5,5	182	299928	8674310	19,10	6,0
9	299866	8674304	20,37	5,4	183	299932	8674306	23,87	6,8
10	299877	8674296	26,74	5,7	184	299931	8674312	19,74	6,8
11	299874	8674298	19,74	5,5	185	299931	8674316	22,28	5,5
12	299875	8674296	21,33	5,6	186	299928	8674320	21,33	5,5
13	299871	8674300	19,10	5,5	187	299928	8674324	18,14	5,5
14	299870	8674306	19,10	5,4	188	299924	8674328	20,37	5,5
15	299866	8674314	18,78	5,5	189	299922	8674334	17,83	4,9
16	299865	8674318	20,05	5,4	190	299921	8674338	14,96	3,7
17	299861	8674324	21,01	5,6	191	299920	8674344	17,19	4,0
18	299861	8674328	14,64	5,2	192	299919	8674348	14,96	3,6
19	299857	8674338	20,37	5,7	193	299917	8674350	21,01	4,0
20	299855	8674344	19,74	5,6	194	299912	8674358	10,00	2,8
21	299857	8674344	17,83	4,5	195	299910	8674364	18,46	5,1
22	299858	8674342	15,60	5,1	196	299908	8674370	21,96	5,0
23	299859	8674340	17,19	5,1	197	299906	8674374	18,78	5,5
24	299860	8674336	16,23	5,0	198	299912	8674372	20,69	4,0
25	299861	8674334	18,46	5,6	199	299914	8674366	13,05	3,0
26	299864	8674332	18,78	5,7	200	299916	8674360	13,05	3,5
27	299867	8674326	20,05	5,4	201	299918	8674354	11,46	3,4
28	299870	8674322	20,37	5,2	202	299919	8674348	15,60	4,0
29	299870	8674320	23,24	5,8	203	299921	8674342	19,42	4,4
30	299871	8674314	16,87	5,0	204	299925	8674336	15,60	3,9
31	299874	8674312	22,28	5,2	205	299927	8674334	14,64	4,0
32	299874	8674304	17,51	5,5	206	299929	8674334	17,19	4,6
33	299876	8674302	21,65	5,8	207	299931	8674328	17,19	4,6
34	299882	8674292	18,46	5,4	208	299933	8674326	17,51	4,5
35	299889	8674288	18,78	5,0	209	299935	8674316	13,37	3,5
36	299888	8674294	22,28	6,0	210	299938	8674314	19,42	5,0
37	299888	8674296	18,78	5,8	211	299938	8674312	25,46	6,0
38	299881	8674308	25,15	5,7	212	299942	8674304	18,78	4,7
39	299884	8674306	18,78	5,2	213	299941	8674314	14,96	4,0
40	299877	8674310	21,96	5,6	214	299940	8674318	21,01	5,5
41	299876	8674316	18,78	6,0	215	299938	8674320	20,05	6,0

42	299876	8674318	17,19	4,6	216	299944	8674288	14,32	3,0
43	299873	8674324	17,19	4,0	217	299933	8674336	12,10	4,0
44	299873	8674328	15,60	4,0	218	299931	8674340	15,92	4,1
45	299873	8674334	22,92	4,9	219	299928	8674344	18,78	4,0
46	299869	8674338	23,55	5,2	220	299921	8674360	10,50	2,5
47	299865	8674344	18,46	5,1	221	299919	8674372	15,28	3,0
48	299864	8674348	13,05	4,5	222	299918	8674376	14,64	3,5
49	299862	8674350	14,64	4,0	223	299916	8674380	11,46	2,6
50	299865	8674354	18,46	5,4	224	299918	8674382	15,28	4,4
51	299868	8674352	13,05	4,5	225	298921	8674378	16,87	4,5
52	299869	8674348	15,60	4,6	226	299924	8674374	12,10	4,3
53	299875	8674344	15,60	4,5	227	299926	8674368	15,60	4,0
54	299875	8674338	19,74	5,0	228	299927	8674364	17,51	3,5
55	299876	8674332	14,96	5,0	229	299927	8674360	17,19	4,1
56	299878	8674326	16,23	4,6	230	299928	8674356	11,78	3,0
57	299879	8674322	20,69	5,5	231	299934	8674346	13,05	3,5
58	299885	8674314	21,96	5,5	232	299936	8674342	15,28	4,0
59	299885	8674312	21,01	5,6	233	299937	8674340	20,69	4,5
60	299884	8674310	21,01	4,9	234	299939	8674334	21,33	4,1
61	299890	8674306	32,47	5,5	235	299942	8674330	15,28	4,5
62	299885	8674302	21,33	5,1	236	299944	8674326	28,65	4,7
63	299889	8674298	20,05	5,6	237	299947	8674320	12,41	3,5
64	299892	8674290	24,83	6,5	238	299954	8674316	18,46	5,0
65	299900	8674284	18,46	5,5	239	299951	8674320	11,78	3,5
66	299898	8674290	19,74	5,7	240	299948	8674330	13,37	3,0
67	299895	8674294	18,14	5,6	241	299946	8674334	17,51	4,0
68	299893	8674300	26,10	5,4	242	299945	8674338	17,19	4,0
69	299890	8674304	18,78	5,0	243	299944	8674342	15,28	3,9
70	299887	8674314	22,28	5,6	244	299941	8674346	16,55	3,5
71	299887	8674326	17,51	4,9	245	299937	8674354	14,01	3,0
72	299880	8674330	16,23	4,5	246	299935	8674358	17,51	4,6
73	299881	8674334	14,64	4,9	247	299933	8674364	14,01	3,4
74	299878	8674340	13,37	3,6	248	299935	8674366	17,19	4,5
75	299875	8674342	14,96	4,3	249	299932	8674370	17,83	4,0
76	299872	8674350	11,78	3,6	250	299929	8674376	15,28	3,9
77	299870	8674358	18,46	4,8	251	299927	8674380	16,55	3,5
78	299873	8674372	14,96	4,1	252	299930	8674378	14,01	3,5
79	299881	8674344	15,28	3,6	253	299933	8674374	20,05	3,6
80	299873	8674334	16,87	4,0	254	299935	8674370	14,96	4,1
81	299884	8674336	12,10	4,0	255	299937	8674366	10,00	3,1
82	299886	8674332	12,41	3,5	256	299939	8674362	12,41	3,7
83	299886	8674330	15,92	4,6	257	299940	8674358	16,87	4,5
84	299890	8674322	10,50	4,2	258	299942	8674352	16,23	4,0
85	299893	8674318	18,78	4,5	259	299946	8674342	18,14	5,0
86	299895	8674314	18,14	5,0	260	299948	8674340	16,23	4,4
87	299896	8674310	17,19	5,3	261	299950	8674334	17,83	4,5
88	299896	8674306	25,46	5,8	262	299954	8674318	20,05	4,0
89	299897	8674304	23,24	6,0	263	299957	8674330	12,10	3,4
90	299897	8674296	25,46	7,0	264	299954	8674332	14,32	4,4

91	299902	8674288	23,24	7,1	265	299954	8674338	15,60	4,5
92	299909	8674304	27,69	6,3	266	299952	8674342	20,69	4,6
93	299905	8674298	20,37	6,3	267	299950	8674348	13,05	3,5
94	299900	8674202	17,51	5,5	268	299944	8674354	17,19	5,0
95	299898	8674332	22,92	5,5	269	299942	8674362	14,96	3,9
96	299902	8674316	15,60	4,9	270	299941	8674366	13,69	3,6
97	299897	8674314	16,87	4,6	271	299939	8674372	15,28	3,5
98	299894	8674318	17,19	5,0	272	299930	8674384	11,46	4,0
99	299895	8674324	19,42	4,5	273	299938	8674386	16,55	1,6
100	299893	8674332	16,87	4,4	274	299941	8674382	14,96	4,5
101	299890	8674334	11,78	2,7	275	299944	8674376	15,60	3,0
102	299889	8674338	14,64	3,4	276	299947	8674366	15,92	2,1
103	299885	8674344	10,82	3,0	277	299950	8674362	11,78	2,3
104	299884	8674348	14,64	3,4	278	299954	8674356	17,83	4,4
105	299884	8674352	14,96	3,7	279	299953	8674354	26,42	5,8
106	299880	8674356	14,96	4,1	280	299954	8674350	20,69	5,5
107	299878	8674360	20,37	4,6	281	299959	8674344	20,37	5,0
108	299882	8674368	14,32	4,4	282	299960	8674342	17,83	5,6
109	299885	8674358	20,05	4,0	283	299960	8674334	18,46	5,0
110	299889	8674350	18,78	3,6	284	299965	8674324	14,96	4,5
111	299891	8674346	11,78	4,0	285	299962	8674340	21,65	5,5
112	299892	8674342	13,37	4,0	286	299960	8674348	18,78	5,1
113	299893	8674334	13,05	4,5	287	299962	8674354	19,42	5,4
114	299898	8674338	17,83	5,0	288	299957	8674358	21,96	4,9
115	299899	8674324	14,01	4,5	289	299954	8674364	17,51	4,5
116	299897	8674324	21,01	5,4	290	299949	8674372	11,14	3,0
117	299904	8674312	14,64	4,6	291	299946	8674374	15,92	4,0
118	299902	8674310	15,92	4,5	292	299945	8674382	20,69	5,0
119	299405	8674306	16,23	5,4	293	299943	8674388	18,78	5,4
120	299904	8674296	19,74	6,0	294	299947	8674392	17,19	3,2
121	299910	8674292	18,78	5,0	295	299950	8674386	14,96	4,9
122	299914	8674332	13,37	4,5	296	299953	8674382	21,96	4,5
123	299913	8674342	21,65	5,1	297	299956	8674380	22,28	4,1
124	299916	8674308	16,55	5,5	298	299958	8674374	16,55	4,0
125	299913	8674312	14,32	5,0	299	299959	8674370	18,14	4,1
126	299910	8674320	12,73	3,4	300	299961	8674366	17,83	5,0
127	299908	8674320	14,32	4,1	301	299961	8674362	17,51	5,2
128	299905	8674324	13,69	3,5	302	299965	8674358	21,01	5,0
129	299903	8674326	11,46	3,6	303	299965	8674354	15,60	4,0
130	299902	8674330	12,73	3,9	304	299968	8674342	15,60	4,5
131	299902	8674336	15,92	5,0	305	299970	8674338	20,37	5,0
132	299899	8674344	17,51	5,0	306	299972	8674342	21,96	4,7
133	299896	8674348	12,10	3,6	307	299971	8674346	19,42	4,0
134	299894	8674352	14,96	3,6	308	299969	8674354	18,78	4,9
135	299890	8674364	11,78	4,0	309	299967	8674358	21,33	5,0
136	299889	8674368	14,64	4,0	310	299964	8674364	17,51	4,1
137	299891	8674370	17,51	4,9	311	299962	8674368	15,28	4,5
138	299892	8674364	17,51	4,4	312	299962	8674372	12,41	3,5
139	299897	8674360	16,87	5,2	313	299962	8674374	16,55	3,6

140	299897	8674354	22,60	5,4	314	299960	8674380	15,92	3,5
141	299898	8674346	12,73	3,3	315	299958	8674384	20,69	5,0
142	299901	8674344	15,92	4,5	316	299958	8674388	22,28	5,5
143	299907	8674330	17,83	5,4	317	299961	8674388	14,64	4,0
144	299906	8674328	16,55	5,4	318	299963	8674384	12,73	2,6
145	299910	8674322	21,33	5,0	319	299962	8674380	12,73	2,6
146	299913	8674316	17,51	4,6	320	299965	8674376	15,92	3,4
147	299915	8674312	15,60	5,2	321	299969	8674368	20,37	5,0
148	299916	8674308	18,14	5,4	322	299971	8674362	17,51	4,2
149	299917	8674302	22,60	5,5	323	299973	8674356	15,60	5,0
150	299920	8674296	18,78	5,1	324	299974	8674352	19,19	5,0
151	299923	8674300	22,28	5,5	325	299977	8674362	16,23	3,6
152	299922	8674302	22,60	5,8	326	299973	8674368	18,14	4,2
153	299919	8674306	19,42	5,5	327	299978	8674364	18,78	4,6
154	299917	8674312	20,37	5,7	328	299979	8674368	18,46	3,5
155	299916	8674318	15,92	4,0	329	299977	8674372	17,83	3,5
156	299914	8674322	12,10	4,0	330	299976	8674380	15,28	3,5
157	299915	8674324	26,10	5,5					
158	299913	8674330	12,10	3,6					
159	299910	8674338	15,92	4,9					
160	299908	8674342	19,10	5,4					
161	299907	8674346	13,69	4,0					
162	299906	8674348	22,92	5,1					
163	299904	8674352	25,46	6,2					
164	299902	8674360	19,10	5,0					
165	299899	8674364	18,14	5,0					
166	299896	8674370	18,78	4,5					
167	299901	8674372	15,60	4,5					
168	299903	8674370	24,83	5,0					
169	299901	8674358	21,01	4,6					
170	299899	8674370	19,74	5,4					
171	299909	8674356	21,33	5,1					
172	299912	8674350	16,55	4,6					
173	299913	8674342	16,23	4,1					
174	299916	8674332	17,51	5,0					

Tabla B2. Recolección de datos de la especie *Vachellia macracantha*.

N° Árbol (H)	Coordenadas		Diámetro (cm)	Altura (m)	N° Árbol (H)	Coordenadas		Diámetro (cm)	Altura (m)
1	299529	8673476	39,79	9,0	39	299386	8673432	26,10	5,7
2	299523	8673480	45,52	8,0	40	299379	8673440	25,46	5,5
3	299500	8673502	79,90	9,3	41	299372	8673434	38,20	5,3
4	299493	8673518	36,29	6,8	42	299360	8673454	31,19	5,7
5	299509	8673470	45,84	8,8	43	299365	8673458	51,88	5,5
6	299507	8673472	53,79	9,0	44	299349	8673458	15,92	6,8
7	299486	8673462	63,98	8,0	45	299255	8673614	45,84	15,3
8	299492	8673474	67,80	8,0	46	299875	8673606	32,47	6,2
9	299482	8673482	63,03	8,0	47	299461	8673640	55,39	14,8
10	299488	8673484	63,66	6,6	48	299406	8673642	24,19	7,5
11	299453	8673474	76,39	7,5	49	299395	8673648	39,47	6,8
12	299513	8673586	56,66	6,8	50	299398	8673646	32,15	7,0
13	299605	8673674	32,47	6,4	51	299454	8673662	29,28	6,8
14	299626	8673734	69,07	6,0	52	299477	8673676	56,02	6,6
15	299595	8673968	60,48	10,2	53	299481	8673666	37,56	6,6
16	299589	8673962	43,29	10,2	54	299558	8673698	35,97	6,0
17	299588	8673984	60,80	8,8	55	299549	8673704	27,37	6,2
18	299600	8674022	63,66	8,5	56	299557	8673712	18,78	7,5
19	299314	8673758	37,56	8,0	57	299555	8673736	35,97	8,0
20	299542	8674046	44,56	8,2	58	299562	8673770	11,78	5,7
21	299559	8674062	23,24	8,5	59	299565	8673778	47,75	6,0
22	299539	8674004	35,65	7,7	60	299564	8673790	20,37	5,7
23	299545	8674010	15,28	7,3	61	299558	8673792	16,23	5,3
24	299520	8674014	47,11	7,5	62	299558	8673798	21,01	5,1
25	299524	8674040	10,82	4,2	63	299561	8675808	11,46	6,8
26	299441	8674096	15,28	4,7	64	299555	8673816	19,10	6,6
27	299439	8674098	15,28	6,0	65	299546	8673836	61,12	7,7
28	299743	8674152	20,37	4,7	66	299552	8673832	24,51	5,5
29	299736	8674166	37,24	10,8	67	299540	8673836	13,05	8,0
30	299724	8674178	10,50	9,3	68	299533	8673870	27,69	7,7
31	299720	8674196	72,89	10,5	69	299526	8673868	14,64	8,5
32	299952	8674196	22,60	6,8	70	299525	8673874	33,74	8,0
33	299855	8674318	18,46	5,3	71	299536	8673876	46,47	7,5
34	299733	8674110	48,06	7,7	72	299525	8673878	12,41	8,2
35	299725	8674116	47,75	7,5	73	299524	8673888	51,57	7,7
36	299732	8674118	35,97	7,5	74	299541	8673902	29,28	8,0
37	299472	8673666	30,88	11,9	75	299534	8673952	35,97	9,3
38	299480	8673666	32,15	11,9					

Tabla B3: Recolección de datos de la especie *Schinus latifolius*.

Nº Árbol (M)	Coordenadas		Diámetro (cm)	Altura (m)	Nº Árbol (M)	Coordenadas		Diámetro (cm)	Altura (m)
1	299567	8673620	43,93	6,2	33	299635	8673850	60,16	10,2
2	299582	8673568	50,93	7,0	34	299632	8673858	76,08	14,3
3	299661	8673570	75,12	7,0	35	299634	8673870	54,75	11,9
4	299657	8673588	48,06	5,1	36	299633	8673874	55,07	10,2
5	299653	8673604	23,24	4,4	37	299636	8673878	67,48	9,9
6	299652	8673606	39,15	7,5	38	299634	8673888	45,20	10,8
7	299649	8673616	70,98	6,2	39	299635	8673892	63,03	14,3
8	299644	8673644	36,29	6,0	40	299637	8673898	69,07	12,2
9	299644	8673650	30,24	6,0	41	299634	8673900	55,70	9,3
10	299642	8673656	67,16	8,0	42	299635	8673902	48,06	9,0
11	299639	8673666	29,60	3,6	43	299637	8673912	79,58	10,5
12	299739	8673684	91,04	6,4	44	299639	8673922	58,89	11,9
13	299494	8673652	38,52	6,0	45	299642	8673932	59,84	15,3
14	299497	8673648	66,53	6,0	46	299664	8674006	56,02	9,3
15	299462	8673508	16,55	3,2	47	299668	8674014	54,11	8,8
16	299467	8673480	18,46	3,4	48	299669	8674024	64,30	9,3
17	299521	8673436	19,10	4,2	49	299676	8674026	84,03	13,0
18	299530	8673450	23,87	4,0	50	299683	8674034	46,15	10,2
19	299588	8673700	61,43	7,7	51	299693	8674040	66,85	14,8
20	299624	8673762	48,06	7,5	52	299694	8674044	63,66	10,8
21	299624	8673772	54,11	8,8	53	299712	8674060	86,90	11,9
22	299623	8673774	41,38	8,8	54	299711	8674054	50,93	10,2
23	299624	8673778	58,89	11,9	55	299723	8674058	74,80	11,5
24	299625	8673788	49,34	10,8	56	299728	8674060	34,70	9,3
25	299622	8673794	46,79	10,5	57	299737	8674066	69,39	14,3
26	299622	8673800	57,30	12,2	58	299744	8674068	81,49	15,8
27	299624	8673804	66,85	11,9	59	299754	8674072	52,84	9,0
28	299629	8673818	59,84	9,6	60	299758	8674076	70,35	13,0
29	299631	8673824	58,89	9,3	61	299537	8673040	65,25	5,1
30	299632	8673830	47,43	9,0	62	299532	8673704	11,78	9,0
31	299630	8673840	40,43	10,2	63	299534	8673694	11,78	8,8
32	299633	8673848	65,25	11,5	64	299538	8673694	15,28	9,3

Tabla B4. Recolección de datos de la especie *Eucalyptus globulus*.

Nº Árbol (E)	Coordenadas		Diámetro (cm)	Altura (m)	Nº Árbol (E)	Coordenadas		Diámetro (cm)	Altura (m)
1	299431	8673432	37,24	11,9	30	299638	8674174	11,78	10,5
2	299423	8673436	26,74	6,6	31	299635	8674174	11,14	10,8
3	299416	8673434	39,15	13,4	32	299639	8674182	17,83	7,7
4	299419	8673332	39,79	12,2	33	299632	8674162	16,55	10,8
5	299401	8673352	41,38	13,4	34	299629	8674174	15,92	10,8
6	299395	8673366	45,20	12,6	35	299629	8674176	81,81	10,2
7	299395	8673372	70,66	13,8	36	299624	8674176	19,74	10,5
8	299389	8673396	28,33	15,3	37	299626	8674176	46,79	10,2
9	299385	8673394	62,39	7,5	38	299624	8674176	42,97	10,8
10	299397	8673320	22,92	13,4	39	299624	8674178	24,51	10,5
11	299381	8673348	56,66	21,1	40	299621	8674186	10,82	9,9
12	299376	8673344	33,74	14,8	41	299622	8674186	36,61	7,7
13	299282	8673646	47,11	19,5	42	299629	8674184	12,73	10,2
14	299266	8673670	95,49	36,4	43	299630	8674186	13,05	10,8
15	299268	8673668	19,74	6,0	44	299629	8674190	18,14	10,5
16	299277	8673662	60,48	27,6	45	299624	8674182	28,01	7,7
17	299431	8673662	54,11	22,0	46	299621	8674186	14,96	7,5
18	299433	8673656	26,10	20,3	47	299654	8674164	11,14	11,5
19	299450	8673660	30,88	18,8	48	299645	8674168	10,00	7,5
20	299449	8673662	45,20	19,5	49	299645	8674166	12,10	7,7
21	299472	8673670	26,74	30,5	50	299660	8674160	15,28	7,7
22	299473	8673670	72,57	64,6	51	299662	8674156	10,82	9,9
23	299645	8674166	12,73	13,4	52	299662	8674158	10,00	7,5
24	299647	8674166	12,41	6,0	53	299665	8674150	11,78	7,7
25	299651	8674170	10,00	10,8	54	299671	8674150	13,05	10,5
26	299650	8674170	12,10	11,5	55	299670	8674152	15,60	10,2
27	299646	8674170	10,00	7,7	56	299665	8674160	14,96	7,7
28	299642	8674170	10,00	7,5	57	299630	8674160	16,55	8,0
29	299639	8674170	10,00	8,0					

Anexo C: Datos obtenidos de la biomasa arbórea empleando las cinco ecuaciones alométrico generales de las especies forestales

Tabla C1. Resultados de biomasa arbórea de la especie Pouteria lúcura.

Nº Arbol (L)	BIOMASA (Kg) (1)	BIOMASA (Kg) (2)	BIOMASA (Kg) (3)	BIOMASA (Kg) (4)	BIOAMASA (Kg) (5)
1	100.86	99.58	65.35	59.54	56.52
2	100.86	99.58	65.35	59.54	56.52
3	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
4	175.48	173.17	108.53	106.82	90.42
5	265.69	262.43	158.89	158.74	128.70
6	245.85	242.77	147.94	147.67	120.46
7	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
8	255.66	252.48	153.36	153.16	124.54
9	245.85	242.77	147.94	147.67	120.46
10	487.42	483.05	278.03	273.64	216.07
11	226.93	224.03	137.44	136.95	112.52
12	275.96	272.60	164.53	164.40	132.92
13	208.90	206.20	127.37	126.57	104.86
14	208.90	206.20	127.37	126.57	104.86
15	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
16	236.28	233.29	142.64	142.27	116.45
17	265.69	262.43	158.89	158.74	128.70
18	106.64	105.28	68.76	63.42	59.25
19	245.85	242.77	147.94	147.67	120.46
20	226.93	224.03	137.44	136.95	112.52
21	175.48	173.17	108.53	106.82	90.42
22	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
23	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
24	138.51	136.68	87.36	84.06	73.96
25	191.76	189.25	117.74	116.52	97.50
26	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
27	236.28	233.29	142.64	142.27	116.45
28	245.85	242.77	147.94	147.67	120.46
29	342.50	338.66	200.76	200.15	159.82
30	152.67	150.65	95.52	92.91	80.33
31	308.16	304.55	182.13	181.89	146.04
32	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
33	286.46	283.02	170.29	170.14	137.22
34	191.76	189.25	117.74	116.52	97.50

35	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
36	308.16	304.55	182.13	181.89	146.04
37	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
38	417.78	413.58	241.13	238.96	189.38
39	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
40	297.19	293.66	176.15	175.97	141.59
41	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
42	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
43	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
44	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
45	330.81	327.05	194.43	193.97	155.15
46	354.43	350.52	207.19	206.40	164.56
47	191.76	189.25	117.74	116.52	97.50
48	79.62	78.69	52.65	44.90	46.27
49	106.64	105.28	68.76	63.42	59.25
50	191.76	189.25	117.74	116.52	97.50
51	79.62	78.69	52.65	44.90	46.27
52	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
53	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
54	226.93	224.03	137.44	136.95	112.52
55	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
56	138.51	136.68	87.36	84.06	73.96
57	255.66	252.48	153.36	153.16	124.54
58	297.19	293.66	176.15	175.97	141.59
59	265.69	262.43	158.89	158.74	128.70
60	265.69	262.43	158.89	158.74	128.70
61	793.02	789.44	436.23	416.11	327.92
62	275.96	272.60	164.53	164.40	132.92
63	236.28	233.29	142.64	142.27	116.45
64	404.61	400.46	234.11	232.27	184.27
65	191.76	189.25	117.74	116.52	97.50
66	226.93	224.03	137.44	136.95	112.52
67	183.51	181.10	113.08	111.63	93.92
68	458.79	454.48	262.91	259.51	205.17
69	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
70	308.16	304.55	182.13	181.89	146.04
71	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
72	138.51	136.68	87.36	84.06	73.96
73	106.64	105.28	68.76	63.42	59.25
74	84.65	83.63	55.68	48.44	48.73
75	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05

76	61.33	60.69	41.49	31.63	37.11
77	191.76	189.25	117.74	116.52	97.50
78	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
79	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
80	152.67	150.65	95.52	92.91	80.33
81	65.63	64.93	44.14	34.82	39.30
82	70.12	69.34	46.88	38.10	41.56
83	131.73	130.00	83.44	79.76	70.88
84	45.82	45.44	31.82	19.71	29.02
85	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
86	183.51	181.10	113.08	111.63	93.92
87	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
88	431.19	426.95	248.27	245.72	194.57
89	342.50	338.66	200.76	200.15	159.82
90	431.19	426.95	248.27	245.72	194.57
91	342.50	338.66	200.76	200.15	159.82
92	532.30	527.89	301.61	295.47	232.99
93	245.85	242.77	147.94	147.67	120.46
94	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
95	330.81	327.05	194.43	193.97	155.15
96	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
97	152.67	150.65	95.52	92.91	80.33
98	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
99	217.80	215.00	132.35	131.72	108.66
100	152.67	150.65	95.52	92.91	80.33
101	61.33	60.69	41.49	31.63	37.11
102	106.64	105.28	68.76	63.42	59.25
103	49.44	49.00	34.10	22.56	30.95
104	106.64	105.28	68.76	63.42	59.25
105	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
106	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
107	245.85	242.77	147.94	147.67	120.46
108	100.86	99.58	65.35	59.54	56.52
109	236.28	233.29	142.64	142.27	116.45
110	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
111	61.33	60.69	41.49	31.63	37.11
112	84.65	83.63	55.68	48.44	48.73
113	79.62	78.69	52.65	44.90	46.27
114	175.48	173.17	108.53	106.82	90.42
115	95.26	94.08	62.03	55.76	53.85
116	265.69	262.43	158.89	158.74	128.70

117	106.64	105.28	68.76	63.42	59.25
118	131.73	130.00	83.44	79.76	70.88
119	138.51	136.68	87.36	84.06	73.96
120	226.93	224.03	137.44	136.95	112.52
121	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
122	84.65	83.63	55.68	48.44	48.73
123	286.46	283.02	170.29	170.14	137.22
124	145.49	143.57	91.39	88.44	77.11
125	100.86	99.58	65.35	59.54	56.52
126	74.78	73.92	49.72	41.46	43.88
127	100.86	99.58	65.35	59.54	56.52
128	89.86	88.76	58.80	52.05	51.26
129	57.20	56.62	38.94	28.52	34.99
130	74.78	73.92	49.72	41.46	43.88
131	131.73	130.00	83.44	79.76	70.88
132	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
133	65.63	64.93	44.14	34.82	39.30
134	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
135	61.33	60.69	41.49	31.63	37.11
136	106.64	105.28	68.76	63.42	59.25
137	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
138	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
139	152.67	150.65	95.52	92.91	80.33
140	319.36	315.68	188.23	187.89	150.56
141	74.78	73.92	49.72	41.46	43.88
142	131.73	130.00	83.44	79.76	70.88
143	175.48	173.17	108.53	106.82	90.42
144	145.49	143.57	91.39	88.44	77.11
145	275.96	272.60	164.53	164.40	132.92
146	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
147	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
148	183.51	181.10	113.08	111.63	93.92
149	319.36	315.68	188.23	187.89	150.56
150	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
151	308.16	304.55	182.13	181.89	146.04
152	319.36	315.68	188.23	187.89	150.56
153	217.80	215.00	132.35	131.72	108.66
154	245.85	242.77	147.94	147.67	120.46
155	131.73	130.00	83.44	79.76	70.88
156	65.63	64.93	44.14	34.82	39.30
157	458.79	454.48	262.91	259.51	205.17

158	65.63	64.93	44.14	34.82	39.30
159	131.73	130.00	83.44	79.76	70.88
160	208.90	206.20	127.37	126.57	104.86
161	89.86	88.76	58.80	52.05	51.26
162	330.81	327.05	194.43	193.97	155.15
163	431.19	426.95	248.27	245.72	194.57
164	208.90	206.20	127.37	126.57	104.86
165	183.51	181.10	113.08	111.63	93.92
166	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
167	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
168	404.61	400.46	234.11	232.27	184.27
169	265.69	262.43	158.89	158.74	128.70
170	226.93	224.03	137.44	136.95	112.52
171	275.96	272.60	164.53	164.40	132.92
172	145.49	143.57	91.39	88.44	77.11
173	138.51	136.68	87.36	84.06	73.96
174	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
175	95.26	94.08	62.03	55.76	53.85
176	217.80	215.00	132.35	131.72	108.66
177	297.19	293.66	176.15	175.97	141.59
178	183.51	181.10	113.08	111.63	93.92
179	297.19	293.66	176.15	175.97	141.59
180	226.93	224.03	137.44	136.95	112.52
181	191.76	189.25	117.74	116.52	97.50
182	208.90	206.20	127.37	126.57	104.86
183	366.60	362.63	213.75	212.74	169.37
184	226.93	224.03	137.44	136.95	112.52
185	308.16	304.55	182.13	181.89	146.04
186	275.96	272.60	164.53	164.40	132.92
187	183.51	181.10	113.08	111.63	93.92
188	245.85	242.77	147.94	147.67	120.46
189	175.48	173.17	108.53	106.82	90.42
190	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
191	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
192	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
193	265.69	262.43	158.89	158.74	128.70
194	39.06	38.79	27.52	14.27	25.38
195	191.76	189.25	117.74	116.52	97.50
196	297.19	293.66	176.15	175.97	141.59
197	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
198	255.66	252.48	153.36	153.16	124.54

199	79.62	78.69	52.65	44.90	46.27
200	79.62	78.69	52.65	44.90	46.27
201	57.20	56.62	38.94	28.52	34.99
202	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
203	217.80	215.00	132.35	131.72	108.66
204	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
205	106.64	105.28	68.76	63.42	59.25
206	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
207	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
208	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
209	84.65	83.63	55.68	48.44	48.73
210	217.80	215.00	132.35	131.72	108.66
211	431.19	426.95	248.27	245.72	194.57
212	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
213	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
214	265.69	262.43	158.89	158.74	128.70
215	236.28	233.29	142.64	142.27	116.45
216	100.86	99.58	65.35	59.54	56.52
217	65.63	64.93	44.14	34.82	39.30
218	131.73	130.00	83.44	79.76	70.88
219	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
220	45.82	45.44	31.82	19.71	29.02
221	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
222	106.64	105.28	68.76	63.42	59.25
223	57.20	56.62	38.94	28.52	34.99
224	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
225	152.67	150.65	95.52	92.91	80.33
226	65.63	64.93	44.14	34.82	39.30
227	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
228	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
229	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
230	61.33	60.69	41.49	31.63	37.11
231	79.62	78.69	52.65	44.90	46.27
232	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
233	255.66	252.48	153.36	153.16	124.54
234	275.96	272.60	164.53	164.40	132.92
235	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
236	579.56	575.17	326.29	318.06	250.60
237	70.12	69.34	46.88	38.10	41.56
238	191.76	189.25	117.74	116.52	97.50
239	61.33	60.69	41.49	31.63	37.11

240	84.65	83.63	55.68	48.44	48.73
241	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
242	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
243	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
244	145.49	143.57	91.39	88.44	77.11
245	95.26	94.08	62.03	55.76	53.85
246	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
247	95.26	94.08	62.03	55.76	53.85
248	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
249	175.48	173.17	108.53	106.82	90.42
250	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
251	145.49	143.57	91.39	88.44	77.11
252	95.26	94.08	62.03	55.76	53.85
253	236.28	233.29	142.64	142.27	116.45
254	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
255	39.06	38.79	27.52	14.27	25.38
256	70.12	69.34	46.88	38.10	41.56
257	152.67	150.65	95.52	92.91	80.33
258	138.51	136.68	87.36	84.06	73.96
259	183.51	181.10	113.08	111.63	93.92
260	138.51	136.68	87.36	84.06	73.96
261	175.48	173.17	108.53	106.82	90.42
262	236.28	233.29	142.64	142.27	116.45
263	65.63	64.93	44.14	34.82	39.30
264	100.86	99.58	65.35	59.54	56.52
265	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
266	255.66	252.48	153.36	153.16	124.54
267	79.62	78.69	52.65	44.90	46.27
268	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
269	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
270	89.86	88.76	58.80	52.05	51.26
271	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
272	57.20	56.62	38.94	28.52	34.99
273	145.49	143.57	91.39	88.44	77.11
274	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
275	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
276	131.73	130.00	83.44	79.76	70.88
277	61.33	60.69	41.49	31.63	37.11
278	175.48	173.17	108.53	106.82	90.42
279	472.98	468.63	270.41	266.53	210.58
280	255.66	252.48	153.36	153.16	124.54

281	245.85	242.77	147.94	147.67	120.46
282	175.48	173.17	108.53	106.82	90.42
283	191.76	189.25	117.74	116.52	97.50
284	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
285	286.46	283.02	170.29	170.14	137.22
286	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
287	217.80	215.00	132.35	131.72	108.66
288	297.19	293.66	176.15	175.97	141.59
289	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
290	53.24	52.73	36.48	25.50	32.94
291	131.73	130.00	83.44	79.76	70.88
292	255.66	252.48	153.36	153.16	124.54
293	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
294	160.06	157.95	99.75	97.46	83.62
295	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
296	297.19	293.66	176.15	175.97	141.59
297	308.16	304.55	182.13	181.89	146.04
298	145.49	143.57	91.39	88.44	77.11
299	183.51	181.10	113.08	111.63	93.92
300	175.48	173.17	108.53	106.82	90.42
301	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
302	265.69	262.43	158.89	158.74	128.70
303	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
304	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
305	245.85	242.77	147.94	147.67	120.46
306	297.19	293.66	176.15	175.97	141.59
307	217.80	215.00	132.35	131.72	108.66
308	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
309	275.96	272.60	164.53	164.40	132.92
310	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
311	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
312	70.12	69.34	46.88	38.10	41.56
313	145.49	143.57	91.39	88.44	77.11
314	131.73	130.00	83.44	79.76	70.88
315	255.66	252.48	153.36	153.16	124.54
316	308.16	304.55	182.13	181.89	146.04
317	106.64	105.28	68.76	63.42	59.25
318	74.78	73.92	49.72	41.46	43.88
319	74.78	73.92	49.72	41.46	43.88
320	131.73	130.00	83.44	79.76	70.88
321	245.85	242.77	147.94	147.67	120.46

322	167.67	165.46	104.09	102.10	86.98
323	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
324	208.90	206.20	127.37	126.57	104.86
325	138.51	136.68	87.36	84.06	73.96
326	183.51	181.10	113.08	111.63	93.92
327	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
328	191.76	189.25	117.74	116.52	97.50
329	175.48	173.17	108.53	106.82	90.42
330	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
TOTAL	60701.65	59965.50	37068.45	35995.00	30575.64

Tabla C2. Resultados de biomasa arbórea de la especie *Vachellia macracantha*

Nº Árbol (H)	BIOMASA (kg) (1)	BIOMASA (Kg) (2)	BIOMASA (Kg) (3)	BIOMASA (Kg) (4)	BIOMASA (Kg) (5)
1	1318.06	1320.52	699.18	638.29	507.59
2	1842.90	1855.93	955.30	843.58	677.72
3	7424.86	7704.37	3523.74	2654.37	2270.03
4	1047.30	1046.00	564.65	526.41	416.45
5	1875.14	1888.95	970.87	855.79	687.94
6	2791.27	2832.15	1407.53	1188.78	970.35
7	4289.62	4391.86	2104.63	1692.63	1408.44
8	4951.09	5085.84	2407.69	1904.04	1595.32
9	4132.92	4227.91	2032.47	1641.69	1363.66
10	4237.00	4336.79	2080.42	1675.57	1393.43
11	6648.06	6878.55	3175.78	2424.53	2061.65
12	3174.66	3229.42	1587.58	1321.68	1084.79
13	793.02	789.44	436.23	416.11	327.92
14	5184.07	5330.96	2513.89	1977.24	1660.39
15	3731.73	3808.98	1847.01	1509.60	1248.02
16	1626.43	1634.62	850.30	760.47	608.43
17	3780.56	3859.91	1869.64	1525.82	1262.18
18	4237.00	4336.79	2080.42	1675.57	1393.43
19	1141.50	1141.36	611.68	565.90	448.47
20	1748.17	1759.00	909.45	807.45	647.53
21	342.50	338.66	200.76	200.15	159.82
22	1002.00	1000.19	541.93	507.18	400.91
23	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
24	2007.41	2024.53	1034.59	905.49	729.65
25	49.44	49.00	34.10	22.56	30.95
26	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
27	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
28	245.85	242.77	147.94	147.67	120.46
29	1117.50	1117.05	599.72	555.90	440.35
30	45.82	45.44	31.82	19.71	29.02
31	5921.20	6108.66	2848.25	2204.99	1863.95
32	319.36	315.68	188.23	187.89	150.56
33	191.76	189.25	117.74	116.52	97.50
34	2110.13	2129.97	1083.89	943.66	761.80
35	2075.56	2094.47	1067.31	930.86	751.00
36	1024.50	1022.94	553.23	516.75	408.64

37	699.25	695.18	388.21	373.77	294.35
38	773.71	770.01	426.37	407.47	321.05
39	458.79	454.48	262.91	259.51	205.17
40	431.19	426.95	248.27	245.72	194.57
41	1190.42	1190.94	636.01	586.16	464.97
42	717.44	713.45	397.56	382.07	300.91
43	2551.71	2584.62	1294.30	1104.01	897.84
44	131.73	130.00	83.44	79.76	70.88
45	1875.14	1888.95	970.87	855.79	687.94
46	793.02	789.44	436.23	416.11	327.92
47	3000.67	3048.96	1506.03	1261.76	1033.09
48	379.02	374.99	220.42	219.17	174.26
49	1291.92	1293.96	686.28	627.69	498.91
50	773.71	770.01	426.37	407.47	321.05
51	612.39	608.06	343.36	333.55	262.72
52	3086.94	3138.41	1546.50	1291.55	1058.77
53	1141.50	1141.36	611.68	565.90	448.47
54	1024.50	1022.94	553.23	516.75	408.64
55	517.08	512.68	293.63	288.11	227.28
56	200.22	197.61	122.50	121.50	101.15
57	1024.50	1022.94	553.23	516.75	408.64
58	61.33	60.69	41.49	31.63	37.11
59	2075.56	2094.47	1067.31	930.86	751.00
60	245.85	242.77	147.94	147.67	120.46
61	138.51	136.68	87.36	84.06	73.96
62	265.69	262.43	158.89	158.74	128.70
63	57.20	56.62	38.94	28.52	34.99
64	208.90	206.20	127.37	126.57	104.86
65	3829.77	3911.24	1892.43	1542.11	1276.42
66	391.69	387.60	227.21	225.68	179.23
67	79.62	78.69	52.65	44.90	46.27
68	532.30	527.89	301.61	295.47	232.99
69	106.64	105.28	68.76	63.42	59.25
70	873.14	870.13	476.95	451.52	356.18
71	1940.61	1956.03	1002.44	880.47	708.63
72	70.12	69.34	46.88	38.10	41.56
73	2513.01	2544.69	1275.95	1090.18	886.05
74	612.39	608.06	343.36	333.55	262.72
75	1024.50	1022.94	553.23	516.75	408.64
TOTAL	120486.48	122407.44	61223.86	51929.89	42590.70

Tabla C3. Resultados de biomasa arbórea de la especie Schinus latifolius.

Nº Árbol (M)	BIOMASA (Kg) (1)	BIOMASA (Kg) (2)	BIOMASA (Kg) (3)	BIOMASA (Kg) (4)	BIOMASA (Kg) (5)
1	1686.65	1696.12	879.59	783.79	627.82
2	2436.66	2465.96	1239.71	1062.78	862.71
3	6378.01	6592.19	3054.33	2343.51	1988.52
4	2110.13	2129.97	1083.89	943.66	761.80
5	342.50	338.66	200.76	200.15	159.82
6	1266.08	1267.72	673.50	617.18	490.30
7	5545.43	5711.81	2678.11	2089.58	1760.60
8	1047.30	1046.00	564.65	526.41	416.45
9	663.68	659.48	369.90	357.43	281.47
10	4836.96	4965.89	2355.57	1867.96	1563.31
11	629.22	624.92	352.08	341.43	268.89
12	10239.55	10719.35	4770.12	3454.19	3004.97
13	1215.33	1216.21	648.37	596.42	473.33
14	4724.39	4847.67	2304.09	1832.21	1531.65
15	145.49	143.57	91.39	88.44	77.11
16	191.76	189.25	117.74	116.52	97.50
17	208.90	206.20	127.37	126.57	104.86
18	366.60	362.63	213.75	212.74	169.37
19	3879.35	3962.99	1915.37	1558.50	1290.75
20	2110.13	2129.97	1083.89	943.66	761.80
21	2832.44	2874.74	1426.93	1203.21	982.73
22	1453.48	1458.27	765.79	692.55	552.22
23	3493.16	3560.47	1736.20	1429.81	1178.52
24	2251.83	2275.63	1151.68	995.75	805.82
25	1973.85	1990.10	1018.44	892.94	719.10
26	3263.83	3322.02	1629.27	1352.15	1111.14
27	4780.48	4906.56	2329.75	1850.04	1547.44
28	3635.19	3708.36	1802.22	1477.43	1219.97
29	3493.16	3560.47	1736.20	1429.81	1178.52
30	2041.32	2059.32	1050.88	918.13	740.29
31	1371.29	1374.63	725.41	659.74	525.20
32	4503.91	4616.36	2203.08	1761.74	1469.35
33	3683.27	3758.47	1824.53	1493.47	1233.95
34	6579.93	6806.27	3145.17	2404.15	2043.23
35	2915.84	2961.08	1466.18	1232.31	1007.74
36	2958.07	3004.82	1486.03	1247.00	1020.37

37	4893.83	5025.65	2381.55	1885.96	1579.27
38	1811.00	1823.27	939.87	831.45	667.57
39	4132.92	4227.91	2032.47	1641.69	1363.66
40	5184.07	5330.96	2513.89	1977.24	1660.39
41	3043.62	3093.49	1526.19	1276.61	1045.88
42	2110.13	2129.97	1083.89	943.66	761.80
43	7352.16	7626.95	3491.25	2633.05	2250.64
44	3493.16	3560.47	1736.20	1429.81	1178.52
45	3635.19	3708.36	1802.22	1477.43	1219.97
46	3086.94	3138.41	1546.50	1291.55	1058.77
47	2832.44	2874.74	1426.93	1203.21	982.73
48	4342.61	4447.35	2129.00	1709.78	1423.54
49	8408.60	8754.28	3961.70	2939.28	2530.17
50	1907.71	1922.31	986.58	868.09	698.24
51	4780.48	4906.56	2329.75	1850.04	1547.44
52	4237.00	4336.79	2080.42	1675.57	1393.43
53	9132.09	9529.15	4282.11	3144.94	2719.14
54	2436.66	2465.96	1239.71	1062.78	862.71
55	6311.53	6521.75	3024.39	2323.46	1970.46
56	936.26	933.80	508.85	478.96	378.19
57	5243.31	5393.34	2540.85	1995.75	1676.87
58	7794.73	8098.59	3688.73	2762.25	2368.30
59	2669.90	2706.67	1350.24	1146.01	933.72
60	5423.39	5583.09	2622.71	2051.79	1726.85
61	4503.91	4616.36	2203.08	1761.74	1469.35
62	61.33	60.69	41.49	31.63	37.11
63	61.33	60.69	41.49	31.63	37.11
64	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
TOTAL	211200.22	216508.96	103809.90	83600.12	69635.40

Tabla C4. Resultados de biomasa arbórea de la especie Eucalyptus globulos.

Nº Árbol (E)	BIOMASA (Kg) (1)	BIOMASA (Kg) (2)	BIOMASA (Kg) (3)	BIOMASA (Kg) (4)	BIOMASA (Kg) (5)
1	1117.50	1117.05	599.72	555.90	440.35
2	487.42	483.05	278.03	273.64	216.07
3	1266.08	1267.72	673.50	617.18	490.30
4	1318.06	1320.52	699.18	638.29	507.59
5	1453.48	1458.27	765.79	692.55	552.22
6	1811.00	1823.27	939.87	831.45	667.57
7	5484.21	5647.23	2650.33	2070.65	1743.68
8	563.54	559.14	317.94	310.45	244.65
9	4030.35	4120.69	1985.16	1608.16	1334.24
10	330.81	327.05	194.43	193.97	155.15
11	3174.66	3229.42	1587.58	1321.68	1084.79
12	873.14	870.13	476.95	451.52	356.18
13	2007.41	2024.53	1034.59	905.49	729.65
14	11516.18	12097.05	5329.44	3803.31	3329.93
15	226.93	224.03	137.44	136.95	112.52
16	3731.73	3808.98	1847.01	1509.60	1248.02
17	2832.44	2874.74	1426.93	1203.21	982.73
18	458.79	454.48	262.91	259.51	205.17
19	699.25	695.18	388.21	373.77	294.35
20	1811.00	1823.27	939.87	831.45	667.57
21	487.42	483.05	278.03	273.64	216.07
22	5857.56	6041.40	2819.48	2185.54	1846.51
23	74.78	73.92	49.72	41.46	43.88
24	70.12	69.34	46.88	38.10	41.56
25	35.93	35.70	25.51	11.67	23.65
26	65.63	64.93	44.14	34.82	39.30
27	35.93	35.70	25.51	11.67	23.65
28	39.06	38.79	27.52	14.27	25.38
29	39.06	38.79	27.52	14.27	25.38
30	61.33	60.69	41.49	31.63	37.11
31	53.24	52.73	36.48	25.50	32.94
32	175.48	173.17	108.53	106.82	90.42
33	145.49	143.57	91.39	88.44	77.11
34	131.73	130.00	83.44	79.76	70.88
35	7869.97	8178.87	3722.25	2784.08	2388.22
36	226.93	224.03	137.44	136.95	112.52

37	1973.85	1990.10	1018.44	892.94	719.10
38	1596.80	1604.38	835.86	748.93	598.86
39	391.69	387.60	227.21	225.68	179.23
40	49.44	49.00	34.10	22.56	30.95
41	1070.40	1069.37	576.21	536.16	424.33
42	74.78	73.92	49.72	41.46	43.88
43	79.62	78.69	52.65	44.90	46.27
44	183.51	181.10	113.08	111.63	93.92
45	547.79	543.38	309.71	302.92	238.79
46	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
47	53.24	52.73	36.48	25.50	32.94
48	35.93	35.70	25.51	11.67	23.65
49	65.63	64.93	44.14	34.82	39.30
50	118.79	117.25	75.90	71.42	64.92
51	49.44	49.00	34.10	22.56	30.95
52	35.93	35.70	25.51	11.67	23.65
53	61.33	60.69	41.49	31.63	37.11
54	79.62	78.69	52.65	44.90	46.27
55	125.16	123.53	79.62	75.54	67.87
56	112.62	111.17	72.28	67.37	62.05
57	145.49	143.57	91.39	88.44	77.11
TOTAL	67527.31	69032.14	33968.57	27947.40	23400.51

Anexo D: Datos obtenidos del contenido de carbono empleando las cinco ecuaciones alométrico generales de las especies forestales

Tabla D1. Resultados de contenido de carbono de ecuaciones alométrico generales de la especie Pouteria lúcumá.

Nº Árbol (L)	CARBONO (Kg) (1)	CARBON O (Kg) (2)	CARBONO (Kg) (3)	CARBONO (Kg) (4)	CARBONO (Kg) (5)
1	50.43	49.79	32.67	29.77	28.26
2	50.43	49.79	32.67	29.77	28.26
3	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
4	87.74	86.59	54.27	53.41	45.21
5	132.85	131.21	79.45	79.37	64.35
6	122.93	121.39	73.97	73.84	60.23
7	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
8	127.83	126.24	76.68	76.58	62.27
9	122.93	121.39	73.97	73.84	60.23
10	243.71	241.52	139.01	136.82	108.04
11	113.46	112.02	68.72	68.48	56.26
12	137.98	136.30	82.27	82.20	66.46
13	104.45	103.10	63.69	63.28	52.43
14	104.45	103.10	63.69	63.28	52.43
15	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
16	118.14	116.64	71.32	71.14	58.23
17	132.85	131.21	79.45	79.37	64.35
18	53.32	52.64	34.38	31.71	29.63
19	122.93	121.39	73.97	73.84	60.23
20	113.46	112.02	68.72	68.48	56.26
21	87.74	86.59	54.27	53.41	45.21
22	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
23	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
24	69.25	68.34	43.68	42.03	36.98
25	95.88	94.62	58.87	58.26	48.75
26	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
27	118.14	116.64	71.32	71.14	58.23
28	122.93	121.39	73.97	73.84	60.23
29	171.25	169.33	100.38	100.07	79.91
30	76.34	75.33	47.76	46.45	40.16
31	154.08	152.28	91.07	90.94	73.02
32	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
33	143.23	141.51	85.14	85.07	68.61

34	95.88	94.62	58.87	58.26	48.75
35	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
36	154.08	152.28	91.07	90.94	73.02
37	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
38	208.89	206.79	120.57	119.48	94.69
39	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
40	148.59	146.83	88.08	87.99	70.80
41	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
42	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
43	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
44	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
45	165.41	163.52	97.22	96.99	77.58
46	177.21	175.26	103.60	103.20	82.28
47	95.88	94.62	58.87	58.26	48.75
48	39.81	39.34	26.33	22.45	23.14
49	53.32	52.64	34.38	31.71	29.63
50	95.88	94.62	58.87	58.26	48.75
51	39.81	39.34	26.33	22.45	23.14
52	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
53	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
54	113.46	112.02	68.72	68.48	56.26
55	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
56	69.25	68.34	43.68	42.03	36.98
57	127.83	126.24	76.68	76.58	62.27
58	148.59	146.83	88.08	87.99	70.80
59	132.85	131.21	79.45	79.37	64.35
60	132.85	131.21	79.45	79.37	64.35
61	396.51	394.72	218.11	208.06	163.96
62	137.98	136.30	82.27	82.20	66.46
63	118.14	116.64	71.32	71.14	58.23
64	202.30	200.23	117.06	116.14	92.13
65	95.88	94.62	58.87	58.26	48.75
66	113.46	112.02	68.72	68.48	56.26
67	91.76	90.55	56.54	55.82	46.96
68	229.40	227.24	131.46	129.75	102.58
69	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
70	154.08	152.28	91.07	90.94	73.02
71	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
72	69.25	68.34	43.68	42.03	36.98
73	53.32	52.64	34.38	31.71	29.63
74	42.33	41.82	27.84	24.22	24.37

75	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
76	30.66	30.34	20.75	15.81	18.56
77	95.88	94.62	58.87	58.26	48.75
78	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
79	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
80	76.34	75.33	47.76	46.45	40.16
81	32.82	32.46	22.07	17.41	19.65
82	35.06	34.67	23.44	19.05	20.78
83	65.87	65.00	41.72	39.88	35.44
84	22.91	22.72	15.91	9.86	14.51
85	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
86	91.76	90.55	56.54	55.82	46.96
87	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
88	215.60	213.48	124.14	122.86	97.28
89	171.25	169.33	100.38	100.07	79.91
90	215.60	213.48	124.14	122.86	97.28
91	171.25	169.33	100.38	100.07	79.91
92	266.15	263.95	150.80	147.73	116.50
93	122.93	121.39	73.97	73.84	60.23
94	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
95	165.41	163.52	97.22	96.99	77.58
96	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
97	76.34	75.33	47.76	46.45	40.16
98	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
99	108.90	107.50	66.18	65.86	54.33
100	76.34	75.33	47.76	46.45	40.16
101	30.66	30.34	20.75	15.81	18.56
102	53.32	52.64	34.38	31.71	29.63
103	24.72	24.50	17.05	11.28	15.47
104	53.32	52.64	34.38	31.71	29.63
105	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
106	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
107	122.93	121.39	73.97	73.84	60.23
108	50.43	49.79	32.67	29.77	28.26
109	118.14	116.64	71.32	71.14	58.23
110	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
111	30.66	30.34	20.75	15.81	18.56
112	42.33	41.82	27.84	24.22	24.37
113	39.81	39.34	26.33	22.45	23.14
114	87.74	86.59	54.27	53.41	45.21
115	47.63	47.04	31.01	27.88	26.93

116	132.85	131.21	79.45	79.37	64.35
117	53.32	52.64	34.38	31.71	29.63
118	65.87	65.00	41.72	39.88	35.44
119	69.25	68.34	43.68	42.03	36.98
120	113.46	112.02	68.72	68.48	56.26
121	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
122	42.33	41.82	27.84	24.22	24.37
123	143.23	141.51	85.14	85.07	68.61
124	72.74	71.78	45.69	44.22	38.55
125	50.43	49.79	32.67	29.77	28.26
126	37.39	36.96	24.86	20.73	21.94
127	50.43	49.79	32.67	29.77	28.26
128	44.93	44.38	29.40	26.03	25.63
129	28.60	28.31	19.47	14.26	17.50
130	37.39	36.96	24.86	20.73	21.94
131	65.87	65.00	41.72	39.88	35.44
132	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
133	32.82	32.46	22.07	17.41	19.65
134	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
135	30.66	30.34	20.75	15.81	18.56
136	53.32	52.64	34.38	31.71	29.63
137	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
138	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
139	76.34	75.33	47.76	46.45	40.16
140	159.68	157.84	94.11	93.94	75.28
141	37.39	36.96	24.86	20.73	21.94
142	65.87	65.00	41.72	39.88	35.44
143	87.74	86.59	54.27	53.41	45.21
144	72.74	71.78	45.69	44.22	38.55
145	137.98	136.30	82.27	82.20	66.46
146	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
147	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
148	91.76	90.55	56.54	55.82	46.96
149	159.68	157.84	94.11	93.94	75.28
150	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
151	154.08	152.28	91.07	90.94	73.02
152	159.68	157.84	94.11	93.94	75.28
153	108.90	107.50	66.18	65.86	54.33
154	122.93	121.39	73.97	73.84	60.23
155	65.87	65.00	41.72	39.88	35.44
156	32.82	32.46	22.07	17.41	19.65

157	229.40	227.24	131.46	129.75	102.58
158	32.82	32.46	22.07	17.41	19.65
159	65.87	65.00	41.72	39.88	35.44
160	104.45	103.10	63.69	63.28	52.43
161	44.93	44.38	29.40	26.03	25.63
162	165.41	163.52	97.22	96.99	77.58
163	215.60	213.48	124.14	122.86	97.28
164	104.45	103.10	63.69	63.28	52.43
165	91.76	90.55	56.54	55.82	46.96
166	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
167	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
168	202.30	200.23	117.06	116.14	92.13
169	132.85	131.21	79.45	79.37	64.35
170	113.46	112.02	68.72	68.48	56.26
171	137.98	136.30	82.27	82.20	66.46
172	72.74	71.78	45.69	44.22	38.55
173	69.25	68.34	43.68	42.03	36.98
174	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
175	47.63	47.04	31.01	27.88	26.93
176	108.90	107.50	66.18	65.86	54.33
177	148.59	146.83	88.08	87.99	70.80
178	91.76	90.55	56.54	55.82	46.96
179	148.59	146.83	88.08	87.99	70.80
180	113.46	112.02	68.72	68.48	56.26
181	95.88	94.62	58.87	58.26	48.75
182	104.45	103.10	63.69	63.28	52.43
183	183.30	181.32	106.87	106.37	84.69
184	113.46	112.02	68.72	68.48	56.26
185	154.08	152.28	91.07	90.94	73.02
186	137.98	136.30	82.27	82.20	66.46
187	91.76	90.55	56.54	55.82	46.96
188	122.93	121.39	73.97	73.84	60.23
189	87.74	86.59	54.27	53.41	45.21
190	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
191	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
192	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
193	132.85	131.21	79.45	79.37	64.35
194	19.53	19.39	13.76	7.13	12.69
195	95.88	94.62	58.87	58.26	48.75
196	148.59	146.83	88.08	87.99	70.80
197	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57

198	127.83	126.24	76.68	76.58	62.27
199	39.81	39.34	26.33	22.45	23.14
200	39.81	39.34	26.33	22.45	23.14
201	28.60	28.31	19.47	14.26	17.50
202	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
203	108.90	107.50	66.18	65.86	54.33
204	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
205	53.32	52.64	34.38	31.71	29.63
206	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
207	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
208	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
209	42.33	41.82	27.84	24.22	24.37
210	108.90	107.50	66.18	65.86	54.33
211	215.60	213.48	124.14	122.86	97.28
212	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
213	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
214	132.85	131.21	79.45	79.37	64.35
215	118.14	116.64	71.32	71.14	58.23
216	50.43	49.79	32.67	29.77	28.26
217	32.82	32.46	22.07	17.41	19.65
218	65.87	65.00	41.72	39.88	35.44
219	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
220	22.91	22.72	15.91	9.86	14.51
221	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
222	53.32	52.64	34.38	31.71	29.63
223	28.60	28.31	19.47	14.26	17.50
224	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
225	76.34	75.33	47.76	46.45	40.16
226	32.82	32.46	22.07	17.41	19.65
227	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
228	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
229	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
230	30.66	30.34	20.75	15.81	18.56
231	39.81	39.34	26.33	22.45	23.14
232	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
233	127.83	126.24	76.68	76.58	62.27
234	137.98	136.30	82.27	82.20	66.46
235	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
236	289.78	287.58	163.14	159.03	125.30
237	35.06	34.67	23.44	19.05	20.78
238	95.88	94.62	58.87	58.26	48.75

239	30.66	30.34	20.75	15.81	18.56
240	42.33	41.82	27.84	24.22	24.37
241	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
242	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
243	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
244	72.74	71.78	45.69	44.22	38.55
245	47.63	47.04	31.01	27.88	26.93
246	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
247	47.63	47.04	31.01	27.88	26.93
248	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
249	87.74	86.59	54.27	53.41	45.21
250	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
251	72.74	71.78	45.69	44.22	38.55
252	47.63	47.04	31.01	27.88	26.93
253	118.14	116.64	71.32	71.14	58.23
254	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
255	19.53	19.39	13.76	7.13	12.69
256	35.06	34.67	23.44	19.05	20.78
257	76.34	75.33	47.76	46.45	40.16
258	69.25	68.34	43.68	42.03	36.98
259	91.76	90.55	56.54	55.82	46.96
260	69.25	68.34	43.68	42.03	36.98
261	87.74	86.59	54.27	53.41	45.21
262	118.14	116.64	71.32	71.14	58.23
263	32.82	32.46	22.07	17.41	19.65
264	50.43	49.79	32.67	29.77	28.26
265	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
266	127.83	126.24	76.68	76.58	62.27
267	39.81	39.34	26.33	22.45	23.14
268	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
269	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
270	44.93	44.38	29.40	26.03	25.63
271	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
272	28.60	28.31	19.47	14.26	17.50
273	72.74	71.78	45.69	44.22	38.55
274	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
275	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
276	65.87	65.00	41.72	39.88	35.44
277	30.66	30.34	20.75	15.81	18.56
278	87.74	86.59	54.27	53.41	45.21
279	236.49	234.32	135.20	133.27	105.29

280	127.83	126.24	76.68	76.58	62.27
281	122.93	121.39	73.97	73.84	60.23
282	87.74	86.59	54.27	53.41	45.21
283	95.88	94.62	58.87	58.26	48.75
284	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
285	143.23	141.51	85.14	85.07	68.61
286	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
287	108.90	107.50	66.18	65.86	54.33
288	148.59	146.83	88.08	87.99	70.80
289	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
290	26.62	26.36	18.24	12.75	16.47
291	65.87	65.00	41.72	39.88	35.44
292	127.83	126.24	76.68	76.58	62.27
293	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
294	80.03	78.97	49.88	48.73	41.81
295	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
296	148.59	146.83	88.08	87.99	70.80
297	154.08	152.28	91.07	90.94	73.02
298	72.74	71.78	45.69	44.22	38.55
299	91.76	90.55	56.54	55.82	46.96
300	87.74	86.59	54.27	53.41	45.21
301	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
302	132.85	131.21	79.45	79.37	64.35
303	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
304	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
305	122.93	121.39	73.97	73.84	60.23
306	148.59	146.83	88.08	87.99	70.80
307	108.90	107.50	66.18	65.86	54.33
308	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
309	137.98	136.30	82.27	82.20	66.46
310	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
311	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
312	35.06	34.67	23.44	19.05	20.78
313	72.74	71.78	45.69	44.22	38.55
314	65.87	65.00	41.72	39.88	35.44
315	127.83	126.24	76.68	76.58	62.27
316	154.08	152.28	91.07	90.94	73.02
317	53.32	52.64	34.38	31.71	29.63
318	37.39	36.96	24.86	20.73	21.94
319	37.39	36.96	24.86	20.73	21.94
320	65.87	65.00	41.72	39.88	35.44

321	122.93	121.39	73.97	73.84	60.23
322	83.83	82.73	52.04	51.05	43.49
323	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
324	104.45	103.10	63.69	63.28	52.43
325	69.25	68.34	43.68	42.03	36.98
326	91.76	90.55	56.54	55.82	46.96
327	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
328	95.88	94.62	58.87	58.26	48.75
329	87.74	86.59	54.27	53.41	45.21
330	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
TOTAL	30350.83	29982.75	18534.23	17997.50	15287.82

Tabla D2. Resultados de contenido de carbono de ecuaciones alométrico generales de la especie *Vachellia macracantha*.

Nº Árbol (H)	CARBONO (Kg) (1)	CARBONO (Kg) (2)	CARBONO (Kg) (3)	CARBONO (Kg) (4)	CARBONO (Kg) (5)
1	659.03	660.26	349.59	319.15	253.79
2	921.45	927.97	477.65	421.79	338.86
3	3712.43	3852.18	1761.87	1327.19	1135.01
4	523.65	523.00	282.33	263.21	208.22
5	937.57	944.47	485.44	427.89	343.97
6	1395.64	1416.07	703.77	594.39	485.18
7	2144.81	2195.93	1052.31	846.32	704.22
8	2475.54	2542.92	1203.85	952.02	797.66
9	2066.46	2113.95	1016.23	820.85	681.83
10	2118.50	2168.40	1040.21	837.78	696.72
11	3324.03	3439.28	1587.89	1212.27	1030.82
12	1587.33	1614.71	793.79	660.84	542.39
13	396.51	394.72	218.11	208.06	163.96
14	2592.04	2665.48	1256.95	988.62	830.19
15	1865.86	1904.49	923.50	754.80	624.01
16	813.21	817.31	425.15	380.23	304.22
17	1890.28	1929.95	934.82	762.91	631.09
18	2118.50	2168.40	1040.21	837.78	696.72
19	570.75	570.68	305.84	282.95	224.24
20	874.08	879.50	454.72	403.72	323.77
21	171.25	169.33	100.38	100.07	79.91
22	501.00	500.10	270.97	253.59	200.45
23	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
24	1003.71	1012.27	517.29	452.75	364.83
25	24.72	24.50	17.05	11.28	15.47
26	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
27	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
28	122.93	121.39	73.97	73.84	60.23
29	558.75	558.53	299.86	277.95	220.17
30	22.91	22.72	15.91	9.86	14.51
31	2960.60	3054.33	1424.13	1102.50	931.98
32	159.68	157.84	94.11	93.94	75.28
33	95.88	94.62	58.87	58.26	48.75
34	1055.07	1064.99	541.95	471.83	380.90
35	1037.78	1047.23	533.66	465.43	375.50

36	512.25	511.47	276.61	258.38	204.32
37	349.62	347.59	194.11	186.88	147.18
38	386.85	385.00	213.18	203.74	160.53
39	229.40	227.24	131.46	129.75	102.58
40	215.60	213.48	124.14	122.86	97.28
41	595.21	595.47	318.00	293.08	232.48
42	358.72	356.73	198.78	191.03	150.46
43	1275.85	1292.31	647.15	552.01	448.92
44	65.87	65.00	41.72	39.88	35.44
45	937.57	944.47	485.44	427.89	343.97
46	396.51	394.72	218.11	208.06	163.96
47	1500.33	1524.48	753.02	630.88	516.54
48	189.51	187.50	110.21	109.58	87.13
49	645.96	646.98	343.14	313.85	249.45
50	386.85	385.00	213.18	203.74	160.53
51	306.20	304.03	171.68	166.78	131.36
52	1543.47	1569.20	773.25	645.78	529.38
53	570.75	570.68	305.84	282.95	224.24
54	512.25	511.47	276.61	258.38	204.32
55	258.54	256.34	146.81	144.05	113.64
56	100.11	98.81	61.25	60.75	50.57
57	512.25	511.47	276.61	258.38	204.32
58	30.66	30.34	20.75	15.81	18.56
59	1037.78	1047.23	533.66	465.43	375.50
60	122.93	121.39	73.97	73.84	60.23
61	69.25	68.34	43.68	42.03	36.98
62	132.85	131.21	79.45	79.37	64.35
63	28.60	28.31	19.47	14.26	17.50
64	104.45	103.10	63.69	63.28	52.43
65	1914.88	1955.62	946.21	771.06	638.21
66	195.85	193.80	113.60	112.84	89.61
67	39.81	39.34	26.33	22.45	23.14
68	266.15	263.95	150.80	147.73	116.50
69	53.32	52.64	34.38	31.71	29.63
70	436.57	435.07	238.47	225.76	178.09
71	970.31	978.01	501.22	440.24	354.32
72	35.06	34.67	23.44	19.05	20.78
73	1256.50	1272.35	637.98	545.09	443.02
74	306.20	304.03	171.68	166.78	131.36
75	512.25	511.47	276.61	258.38	204.32
TOTAL	60243.24	61203.72	30611.93	25964.95	21295.35

Tabla D3. Resultados de contenido de carbono de ecuaciones alométrico generales de la especie *Schinus latifolius*.

Nº Árbol (M)	CARBONO (Kg) (1)	CARBONO (Kg) (2)	CARBONO (Kg) (3)	CARBONO (Kg) (4)	CARBONO (Kg) (5)
1	843.32	848.06	439.79	391.89	313.91
2	1218.33	1232.98	619.85	531.39	431.35
3	3189.01	3296.10	1527.17	1171.75	994.26
4	1055.07	1064.99	541.95	471.83	380.90
5	171.25	169.33	100.38	100.07	79.91
6	633.04	633.86	336.75	308.59	245.15
7	2772.72	2855.91	1339.05	1044.79	880.30
8	523.65	523.00	282.33	263.21	208.22
9	331.84	329.74	184.95	178.71	140.73
10	2418.48	2482.95	1177.78	933.98	781.66
11	314.61	312.46	176.04	170.71	134.44
12	5119.78	5359.68	2385.06	1727.10	1502.49
13	607.67	608.11	324.18	298.21	236.67
14	2362.19	2423.83	1152.05	916.11	765.82
15	72.74	71.78	45.69	44.22	38.55
16	95.88	94.62	58.87	58.26	48.75
17	104.45	103.10	63.69	63.28	52.43
18	183.30	181.32	106.87	106.37	84.69
19	1939.67	1981.49	957.69	779.25	645.37
20	1055.07	1064.99	541.95	471.83	380.90
21	1416.22	1437.37	713.46	601.60	491.37
22	726.74	729.14	382.89	346.27	276.11
23	1746.58	1780.23	868.10	714.91	589.26
24	1125.92	1137.82	575.84	497.88	402.91
25	986.92	995.05	509.22	446.47	359.55
26	1631.91	1661.01	814.63	676.07	555.57
27	2390.24	2453.28	1164.87	925.02	773.72
28	1817.59	1854.18	901.11	738.72	609.98
29	1746.58	1780.23	868.10	714.91	589.26
30	1020.66	1029.66	525.44	459.07	370.14
31	685.64	687.32	362.71	329.87	262.60
32	2251.96	2308.18	1101.54	880.87	734.68
33	1841.64	1879.23	912.27	746.74	616.98
34	3289.96	3403.14	1572.58	1202.07	1021.62
35	1457.92	1480.54	733.09	616.16	503.87

36	1479.04	1502.41	743.01	623.50	510.19
37	2446.91	2512.83	1190.78	942.98	789.64
38	905.50	911.64	469.94	415.72	333.79
39	2066.46	2113.95	1016.23	820.85	681.83
40	2592.04	2665.48	1256.95	988.62	830.19
41	1521.81	1546.75	763.10	638.31	522.94
42	1055.07	1064.99	541.95	471.83	380.90
43	3676.08	3813.47	1745.63	1316.53	1125.32
44	1746.58	1780.23	868.10	714.91	589.26
45	1817.59	1854.18	901.11	738.72	609.98
46	1543.47	1569.20	773.25	645.78	529.38
47	1416.22	1437.37	713.46	601.60	491.37
48	2171.31	2223.68	1064.50	854.89	711.77
49	4204.30	4377.14	1980.85	1469.64	1265.09
50	953.86	961.16	493.29	434.04	349.12
51	2390.24	2453.28	1164.87	925.02	773.72
52	2118.50	2168.40	1040.21	837.78	696.72
53	4566.05	4764.57	2141.06	1572.47	1359.57
54	1218.33	1232.98	619.85	531.39	431.35
55	3155.77	3260.88	1512.20	1161.73	985.23
56	468.13	466.90	254.43	239.48	189.09
57	2621.65	2696.67	1270.43	997.87	838.44
58	3897.36	4049.30	1844.37	1381.12	1184.15
59	1334.95	1353.34	675.12	573.01	466.86
60	2711.69	2791.55	1311.36	1025.90	863.42
61	2251.96	2308.18	1101.54	880.87	734.68
62	30.66	30.34	20.75	15.81	18.56
63	30.66	30.34	20.75	15.81	18.56
64	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
TOTAL	105600.11	108254.48	51904.95	41800.06	34817.70

Tabla D4. Resultados de contenido de carbono de ecuaciones alométrico generales de la especie Eucalyptus globulos.

Nº Árbol (E)	CARBONO (Kg) (1)	CARBONO (Kg) (2)	CARBONO (Kg) (3)	CARBONO (Kg) (4)	CARBONO (Kg) (5)
1	558.75	558.53	299.86	277.95	220.17
2	243.71	241.52	139.01	136.82	108.04
3	633.04	633.86	336.75	308.59	245.15
4	659.03	660.26	349.59	319.15	253.79
5	726.74	729.14	382.89	346.27	276.11
6	905.50	911.64	469.94	415.72	333.79
7	2742.10	2823.62	1325.16	1035.32	871.84
8	281.77	279.57	158.97	155.22	122.33
9	2015.18	2060.35	992.58	804.08	667.12
10	165.41	163.52	97.22	96.99	77.58
11	1587.33	1614.71	793.79	660.84	542.39
12	436.57	435.07	238.47	225.76	178.09
13	1003.71	1012.27	517.29	452.75	364.83
14	5758.09	6048.52	2664.72	1901.66	1664.96
15	113.46	112.02	68.72	68.48	56.26
16	1865.86	1904.49	923.50	754.80	624.01
17	1416.22	1437.37	713.46	601.60	491.37
18	229.40	227.24	131.46	129.75	102.58
19	349.62	347.59	194.11	186.88	147.18
20	905.50	911.64	469.94	415.72	333.79
21	243.71	241.52	139.01	136.82	108.04
22	2928.78	3020.70	1409.74	1092.77	923.25
23	37.39	36.96	24.86	20.73	21.94
24	35.06	34.67	23.44	19.05	20.78
25	17.96	17.85	12.75	5.83	11.83
26	32.82	32.46	22.07	17.41	19.65
27	17.96	17.85	12.75	5.83	11.83
28	19.53	19.39	13.76	7.13	12.69
29	19.53	19.39	13.76	7.13	12.69
30	30.66	30.34	20.75	15.81	18.56
31	26.62	26.36	18.24	12.75	16.47
32	87.74	86.59	54.27	53.41	45.21
33	72.74	71.78	45.69	44.22	38.55
34	65.87	65.00	41.72	39.88	35.44

35	3934.98	4089.44	1861.12	1392.04	1194.11
36	113.46	112.02	68.72	68.48	56.26
37	986.92	995.05	509.22	446.47	359.55
38	798.40	802.19	417.93	374.47	299.43
39	195.85	193.80	113.60	112.84	89.61
40	24.72	24.50	17.05	11.28	15.47
41	535.20	534.69	288.10	268.08	212.17
42	37.39	36.96	24.86	20.73	21.94
43	39.81	39.34	26.33	22.45	23.14
44	91.76	90.55	56.54	55.82	46.96
45	273.89	271.69	154.86	151.46	119.39
46	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
47	26.62	26.36	18.24	12.75	16.47
48	17.96	17.85	12.75	5.83	11.83
49	32.82	32.46	22.07	17.41	19.65
50	59.39	58.62	37.95	35.71	32.46
51	24.72	24.50	17.05	11.28	15.47
52	17.96	17.85	12.75	5.83	11.83
53	30.66	30.34	20.75	15.81	18.56
54	39.81	39.34	26.33	22.45	23.14
55	62.58	61.76	39.81	37.77	33.93
56	56.31	55.58	36.14	33.69	31.03
57	72.74	71.78	45.69	44.22	38.55
TOTAL	33763.65	34516.07	16984.29	13973.70	11700.25

Anexo E: Equipos de medición utilizados para la presente investigación



Figura E1. GPS OUTDOOR E TREX DE GARMIN (coordenadas UTM)



Figura E2. Cinta métrica (Diámetro y altura)

Anexo F: Medición del diámetro y altura en el inventario por árbol de las cuatro especies en estudio.



Figura F1. Medición de la circunferencia de tronco del árbol



Figura F2. Toma de distancia (5-10 m) desde el punto de observación hasta el árbol



Figura F3. Vista con el clinómetro digital desde el punto de observación (por encima 1.50 m) hasta la copa del árbol

Anexo G. Reporte del precio del valor económico del CO₂ establecido por SENDECO₂ (2018).

The screenshot shows the SENDECO₂ website interface. At the top, there is a logo and navigation links: 'Inicio', 'Conócenos', 'Comprar y Vender CO2', 'Precios CO2' (highlighted), 'Servicios de Asesoramiento', and 'Acuerdos de colaboración'. There are also links for 'Contacto', 'Suscríbete a nuestra newsletter', and 'Acc'. Below the navigation is the title 'Precios CO2' and a year selector showing '2018' selected. The main content is a table with the following data:

Precios CO2	EUA	CER
Media anual	15,64 €	0,24 €
Enero	8,34 €	0,17 €
Febrero	9,48 €	0,18 €
Marzo	11,54 €	0,19 €
Abril	13,35 €	0,20 €
Mayo	14,78 €	0,21 €
Junio	15,16 €	0,23 €
Julio	16,35 €	0,28 €
Agosto	18,88 €	0,28 €
Setiembre	21,43 €	0,29 €
Octubre	19,56 €	0,28 €
Noviembre	19,22 €	0,27 €
Diciembre	21,46 €	0,25 €

Figura G1. Valor económico (US\$) de bonos de carbonos emitido en diciembre 2018.