



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA AMBIENTAL Y FORESTAL**



**CAPTURA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN RELACIÓN A LA
BIOMASA AÉREA DE LAS ESPECIES FORESTALES
PREDOMINANTES DEL ORNATO URBANO EN JULIACA, 2019.**

Bach. Dania Magali Yana Machaca

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

Asesor: Dr. Wile Mamani Navarro

Co asesores: Dr. José Domingo Choquehuanca Soto

M. SC. Marisol Rojas Barreto



Juliaca - PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA AMBIENTAL Y FORESTAL**



**CAPTURA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN RELACIÓN A LA
BIOMASA AÉREA DE LAS ESPECIES FORESTALES
PREDOMINANTES DEL ORNATO URBANO EN JULIACA, 2019.**

Bach. Dania Magali Yana Machaca

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

Asesor: Dr. Wile Mamani Navarro

Co asesores: Dr. José Domingo Choquehuanca Soto

M. SC. Marisol Rojas Barreto



Juliaca - PERÚ
2019

Yana, D. (2019). *Captura de dióxido de carbono en relación a la biomasa aérea de las especies forestales predominantes del ornato urbano en Juliaca, 2019*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca.

AUTOR: Dania Magali Yana Machaca

TÍTULO: Captura de dióxido de carbono en relación a la biomasa aérea de las especies forestales predominantes del ornato urbano en Juliaca, 2019.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2019

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (101 pp)

NOTA: Tesis (Ingeniería Ambiental y Forestal) — Universidad Nacional de Juliaca.

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal

CÓDIGO: 03-00003-02/Y21

NOTA: Incluye bibliografía.

ASESOR: Dr. Wile Mamani Navarro

CO ASESORES: Dr. José Domingo Choquehuanca Soto

M. Sc. Marisol Rojas Barreto

PALABRAS CLAVE: Biomasa aérea, captura de CO₂, especie forestal, diámetro fustal.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Y FORESTAL**



**CAPTURA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN RELACIÓN A LA
BIOMASA AÉREA DE LAS ESPECIES FORESTALES
PREDOMINANTES DEL ORNATO URBANO EN JULIACA, 2019.**

Bach. Dania Magali Yana Machaca

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL

Asesor: Dr. Wile Mamani Navarro

Co asesores: Dr. José Domingo Choquehuanca Soto

M. SC. Marisol Rojas Barreto

Juliaca - Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y FORESTAL
CAPTURA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN RELACIÓN A LA BIOMASA
AÉREA DE LAS ESPECIES FORESTALES PREDOMINANTES DEL ORNATO
URBANO EN JULIACA, 2019.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL

Bach. Dania Magali Yana Machaca

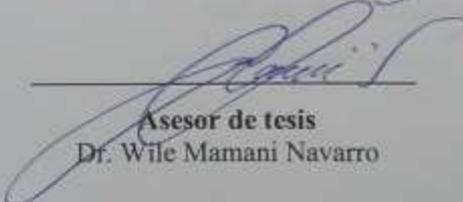
Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Gustavo Miguel Pacheco Pacheco
PRESIDENTE DE JURADO




Dr. Emer Ronald Rosales Solórzano
JURADO (secretario)

M. Sc. Rene Henry Bárcena Rodríguez
JURADO (Vocal)



Asesor de tesis
Dr. Wile Mamani Navarro

Co asesor de tesis
Dr. José Domingo Choquehuanca Soto



Co asesor de tesis
M. SC. Marisol Rojas Barreto

DEDICATORIA

Se la dedico a Dios, por levantarme y brindarme fuerzas en mi continuo tropiezo ante cualquier circunstancia.

A mis padres César y Zenovia por la convicción y determinación en sus acciones y asesorías que forjaron motivación e inspiración en mi trayectoria académico - profesional, de quienes no tengo otro sentimiento reflejado hacia ellos que admiración y orgullo de ser su hija.

A mis hermanos Abdón y Lizbeth, quienes son parte de mis logros; por la paciencia, consejos y sugerencias constructivas depositados en mí, que sin duda pavimenta mi camino hacia la realidad profesional.

AGRADECIMIENTO

- A la escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal por las oportunidades brindadas en todo el trayecto académico.
- Al Ing. Edgar Pelinco, Ing. Roger Ticse, Ing. Tax. Mario Solano Larico e Ing. Emerson Pacori por brindarme Apoyo profesional y recursos valiosos concernientes al estudio, que hicieron posible este proyecto.
- Al Ing. Isaac Larico y demás personales del vivero forestal municipal de Juliaca, y al Ing. Hermogenes Mamani y personal del vivero forestal de San Juan de Potojani – Chucuito por el acceso del lugar y brindarme información concerniente al proyecto.
- A Ingenieros que me brindaron acogida en el laboratorio de Ingeniería Ambiental y forestal de la Universidad Nacional de Juliaca y por supuesto a demás docentes de la escuela profesional.
- Al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) – Puno, por su apoyo profesional y facilitarme instrumentos forestales.
- Al personal de mantenimiento de parques y jardines de la municipalidad de Moho por facilitarme información sobre la ubicación de plantaciones forestales de interés para el estudio.

Dania Magali Yana Machaca

SIGLAS Y ABREVIATURAS

CO ₂	: Dióxido de carbono
CT	: Carbono total
cm	: Centímetro
DAB	: Diámetro a la altura de la base
DAP	: Diámetro a la altura del pecho
DBM	: Densidad básica de la madera
BA	: Biomasa aérea
GEI	: Gases de efecto invernadero
Mg	: Mega gramo
MO	: Materia orgánica
MDL	: Mecanismos de desarrollo limpio
MCH	: Método de combustión húmeda
m.s.n.m	: Metros sobre el nivel del mar
m	: Metros
mm	: Milímetros
N	: Normalidad
NTP	: Normas técnicas peruanas
t	: Tonelada
tC	: Tonelada de carbono
tCO ₂	: Tonelada de dióxido de carbono
SIG	: Sistema de información geográfica

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi
CAPITULO I PLANTEAMIENTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Situación problemática	1
1.2. Preguntas de investigación	2
1.2.1. Problema general.	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1. Objetivo general.	2
1.3.2. Objetivos específicos.	3
1.4. Hipótesis de investigación	3
1.4.1. Hipótesis general	3
1.5. Justificación	3
1.6. Contexto de la investigación	4
1.6.1. Ámbito espacial	4
1.6.2. Ámbito temporal.....	4
1.7. Limitaciones	5
CAPITULO II REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1. Antecedentes.....	6
2.1.1. A nivel internacional	6
2.1.2. A nivel nacional.....	9
2.2. Marco teórico.....	12
2.2.1. Biomasa aérea.....	12
2.2.2. Captura de dióxido de carbono (CO ₂)	14
2.2.3. Método Walkley-Black.....	16
2.2.4. Servicios ambientales	17
2.2.5. Cambio climático.....	18
2.2.6. Descripción taxonómica y botánica de las especies de estudio.....	21

CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.1. Ámbito de estudio.....	27
3.2. Tipo, nivel y diseño de investigación.....	28
3.3. Materiales y equipo	28
3.3.1. Instrumentos y equipos de campo.	28
3.3.2. Reactivos, Instrumentos y equipos de laboratorio.....	28
3.3.3. Instrumentos y equipos de gabinete.....	29
3.4. Población y muestra.	29
3.4.1. Población	29
3.4.2. Muestra	29
3.4.3. Sub – muestra	30
3.5. Obtención de la información	32
3.5.1. Contenido de biomasa aérea	32
3.5.2. Cantidad de captura de CO ₂	36
3.5.3. Relación de Pearson.....	37
3.6. Variables de investigación.....	37
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. Biomasa aérea de las especies forestales arbóreas y arbustivas	39
4.1.1. Relación de biomasa aérea y diámetro fustal	39
4.1.2. Estimación de biomasa aérea.....	41
4.2. Captura de CO ₂ en la biomasa aérea de las especies forestales.....	45
4.2.1. Análisis de Carbono orgánico (porcentaje)	45
4.2.2. Cálculo de Carbono total	47
4.2.3. Calculo de Dióxido de carbono (CO ₂).....	50
4.3. Correlación entre la cantidad de captura de CO ₂ y la biomasa aérea	54
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. Conclusiones.....	56
5.2. Recomendaciones	57
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	59
ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Zonas georreferenciadas de la muestra representativa	31
Tabla 2 Rango de diámetro fustal.....	35
Tabla 3 Operacionalización de variables.....	38
Tabla 4 ANOVA para pruebas de biomasa aerea para diametro fustal.....	39
Tabla 5 Densidad básica de la madera en especies forestales	40
Tabla 6 Biomasa aérea.....	41
Tabla 7 Biomasa total por zona	43
Tabla 8 Biomasa por especie forestal	44
Tabla 9 ANOVA para el variable porcentaje de C orgánico.....	45
Tabla 10 Stock de Carbono total en biomasa aérea.....	47
Tabla 11 Stock de carbono total en biomasa aérea por zona.....	48
Tabla 12 Stock de carbono total por especie forestal	49
Tabla 13 Cantidades de CO ₂ en biomasa aérea	50
Tabla 14 Captura de CO ₂ por zona.....	51
Tabla 15 Captura de CO ₂ por especie forestal.....	52
Tabla 16 Análisis de correlación de Pearson de especies forestales y captura de CO ₂	54
Tabla 17 Análisis de la correlación de Pearson de las variables biomasa aérea y captura de CO ₂	54

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ubicación del Área de Estudio.	27
<i>Figura 2.</i> Densidad básica de la madera en especies forestales.	40
<i>Figura 3.</i> Biomasa aérea por diámetro fustal.	42
<i>Figura 4.</i> Biomasa total por zona	43
<i>Figura 5.</i> Biomasa por especie forestal	44
<i>Figura 6.</i> Stock de Carbono total en biomasa aérea.....	47
<i>Figura 7.</i> Stock de carbono total en biomasa aérea por zona.....	48
<i>Figura 8.</i> Stock de carbono total por especie forestal	49
<i>Figura 9.</i> Cantidades de CO ₂ biomasa aérea.....	50
<i>Figura 10.</i> Captura de CO ₂ por zona.....	51
<i>Figura 11.</i> Captura de CO ₂ por especie forestal.....	52
<i>Figura 12.</i> Captura de CO ₂ en relación a la biomasa aérea (t) y biomasa aérea por diámetro fustal (cm) en zona urbana.	55

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Formulario del inventario	71
ANEXO 2. Grado de correlación de Pearson	72
ANEXO 3. Procedimiento de análisis de porcentaje de C Orgánico	73
ANEXO 4. Mapa de distribución de los tramos (avenidas y autopistas de estudio).....	74
ANEXO 5. Variación de densidad básica de la madera en la biomasa por zona de estudio	75
ANEXO 6. Reconocimiento e identificación de especies forestales.....	76
ANEXO 7. Resultados análisis de porcentaje de C orgánico en muestras de zonas urbanas	77
ANEXO 8. Resultados análisis de porcentaje de C orgánico en muestras de zonas de control.....	78
ANEXO 9. Constancia de uso de laboratorio.....	79
ANEXO 10. Resumen del inventario de árboles y arbustos urbanos	80
ANEXO 11. Resumen del inventario de árboles y arbustos (control).....	85
ANEXO 12. Panel fotográfico	86

RESUMEN

El efecto negativo del cambio climático en la naturaleza es multicausal, como el exceso de concentraciones de CO₂ atmosférico; debido a actividades antropogénicas, parque automotor, extensión urbanística e inadecuada gestión de especies forestales en el ornato urbano como sumidero de carbono. Por tal razón, en el presente estudio se evaluó la cantidad de captura de CO₂ en relación a la biomasa aérea de las especies forestales predominantes en el ornato urbano; para ello, utilizándose ecuaciones alométricas, previo inventario de especies forestales *Cassia hookeriana* Gill, *Cupressus macrocarpa* Hartw, *Cytisus canariensis* (L) O. Kuntze, *Pinus radiata* D. Don, *Polylepis incana* HBK, *Salix babylonica* L, de los que se precisó su estado sanitario y dimensiones alométricas. Asimismo, se determinó la densidad básica de la madera por especie, con el método máximo de contenido de humedad; el volumen se determinó mediante el “método de Hossfeld”; seguidamente calculándose la biomasa aérea, la concentración de carbono orgánico mediante combustión húmeda de Walkley & Black y finalmente calculando la cantidad de CO₂ capturado para comparar el grado de reciprocidad con la biomasa aérea mediante la correlación de Pearson. Resultando 16.3 t de biomasa aérea urbana que capturan 30.5 tCO₂. Con una correlación de $r = 0.9798$, reflejando la existencia de correlación excelente entre la biomasa aérea y captura de CO₂; es decir, a mayor biomasa aérea, mayor captura de CO₂; de tal manera se consignó el *Pinus radiata* D. DON y la *Cassia hookeriana* Gill, con mayor correlación de captura. Se concluye, que la captura de CO₂ en árboles y arbustos son altamente sensibles a los cambios de productividad de biomasa aérea para cada especie forestal; evidenciando la importancia del manejo técnico forestal por su servicio ambiental en función a la biomasa aérea y potencial de captura de CO₂ por especie forestal al momento de seleccionarlas para la gestión, planificación y ejecución de proyectos de arbolado urbano en instituciones públicas y privadas.

Palabras claves: Biomasa aérea, captura de CO₂, especie forestal, diámetro fustal.

ABSTRACT

The negative effect of climate change on nature is multi-causal, such as excess atmospheric CO₂ concentrations; due to anthropogenic activities, vehicle fleet, urban sprawl and inadequate management of forest species in urban settings as a carbon sink. For this reason, the present study evaluated the amount of CO₂ capture in relation to the aerial biomass of the predominant forest species in urban decoration; for this purpose, using allometric equations, previous inventory of forest species *Cassia hookeriana* Gill, *Cupressus macrocarpa* Hartw, *Cytisus canariensis* (L) O. Kuntze, *Pinus radiata* D. Don, *Polylepis incana* HBK, *Salix babylonica* L, of which their health status and allometric dimensions were specified. The basic density of the wood per species was also determined, using the maximum moisture content method; the volume was determined using the "Hossfeld method"; then the aerial biomass was calculated, the organic carbon concentration by means of wet combustion by Walkley & Black and finally the amount of CO₂ captured was calculated to compare the degree of reciprocity with the aerial biomass by means of Pearson's correlation. The result was 16.3t of urban aerial biomass that captured 30.5 tCO₂. With a correlation of $r = 0.9798$, reflecting the existence of an excellent correlation between aerial biomass and CO₂ capture; that is, the greater the aerial biomass, the greater the CO₂ capture; in this way the *Pinus radiata* D. DON and the *Cassia hookeriana* Gill were recorded, with a greater capture correlation. It is concluded that the capture of CO₂ in trees and shrubs are highly sensitive to changes in productivity of aerial biomass for each forest species, showing the importance of technical forest management for its environmental service in terms of aerial biomass and potential for capture of CO₂ by forest species when selected for the management, planning and implementation of urban forestry projects in public and private institutions.

Keywords: Aerial biomass, CO₂ capture, forest species, fustal diameter

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica se suscita por una mayor concentración de gases de efecto invernadero (GEI), siendo el CO₂ el más abundante (Pitola, Castagnani, Feldman, & Coronel, 2012), su incremento genera múltiples impactos en los ecosistemas terrestres. A razón de ello se plantean propuestas para mitigar sus efectos, mediante uso de sumideros de CO₂ con soluciones de tipo biológico como la vegetación o arbolado, por ser versátil, económica y sostenible en el tiempo, equilibrando la concentración de este compuesto en la atmósfera (Protocolo de Kyoto, 1997).

Lo antes mencionado, el arbolado urbano, se compromete a propósitos en su mayoría estéticos o paisajísticos, desestimando y desvinculando las funciones ambientales, que especialmente desempeña en espacios urbanos (Vargas & Molina, 2014). Diversas investigaciones teóricas y técnicas han demostrado que las mayores emisiones de CO₂ se originan en el sector urbano, debido a numerosas actividades antrópicas y el crecimiento urbano desordenado; conllevando al daño de estos espacios verdes elementales para los residentes urbanos.

La presente investigación, se realizó con el objetivo de evaluar las cantidades de captura de CO₂ en relación a la biomasa aérea de las especies forestales predominantes en el ornato urbano de Juliaca, ilustrando su importancia como sumideros urbanos, fundamentados también en resultados diferenciados por especie. Mediante métodos indirectos o alometría, por considerarse patrimonio de la ciudad. Hallándose relaciones excelentes entre las variables de estudio.

De esta manera generando información cuantificada de cantidades de biomasa aérea de las especies forestales y su relación de CO₂ capturado, que permita la gestión y manejo forestal, orientando a la toma de decisiones en la correcta selección de especies en futuros proyectos de forestación urbana, como estrategia de compensación atmosférica ante las concentraciones de carbono, aprovechando el servicio ambiental que brinda.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Situación problemática

Es evidente que el incremento continuo y acelerado de las concentraciones de CO₂ acarrea consecuencias negativas en el clima global (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, 1992), desde la época industrial, hasta la actualidad (Barrionuevo & Pan, 2009). Cada año va constituyéndose en un tema mundial prioritario de preocupación ambiental, puesto que contamos con índices avanzados de temperatura global de hasta 0.85 °C por ejemplo, en los últimos 130 años (Organización Mundial de la Salud, 2018) y según el (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018) estos índices podría llegar a los 2 °C, principalmente por las actividades antropogénicas que emiten CO₂ (Estenssoro, 2010); tornándose alarmante y generando reacciones preocupantes en busca de soluciones para contrarrestar dichas emisiones mediante acciones sostenibles, tales como la captura de carbono con el uso de diversas especies forestales dentro y fuera de las urbes.

Por lo mencionado, es de interés y responsabilidad limitar o reducir las emisiones de CO₂, aspectos que en Perú ha sido desatendido, desmedrando la salud pública. Mientras tanto, la ciudad de Juliaca enfrenta problemas socio-ambientales, como escasas de áreas verdes, deficiencias en el criterio técnico ambiental en la selección de especies destinados a la arborización urbana, expansión de la superficie urbana por el crecimiento poblacional (Plan de Desarrollo Urbano, 2017) e incremento del parque automotor; situaciones que obligan a optar sistemas naturales de captura de

CO₂, mediante arborización de parques y jardines urbanos; seleccionando especies forestales por su servicio ambiental, principalmente como sumideros de carbono (Gratani et al., 2016; IPCC, 2000 y Petersson et al., 2010). Debido a la escasa información en el ámbito de estudio, esta investigación es relevante para demostrar una de las funciones forestales como el potencial de captura de CO₂ y su importancia por especie forestales en el ornato.

1.2. Preguntas de investigación

1.2.1. Problema general.

- ¿Cuánto es el CO₂ capturado en relación a la biomasa aérea de las especies forestales predominantes del ornato urbano en Juliaca?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cuál es la cantidad de biomasa aérea producidas por las especies forestales arbóreas y arbustivas predominantes del ornato urbano en Juliaca?
- ¿En qué cantidad las especies forestales predominantes capturan CO₂ en el ornato urbano de Juliaca?
- ¿Cuál es la relación existente entre la cantidad de captura de CO₂ y la biomasa aérea de las especies forestales predominantes del ornato urbano en Juliaca?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

- Evaluar las cantidades de captura de CO₂ en relación a la biomasa aérea de las especies forestales predominantes en el ornato urbano de Juliaca.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Determinar la biomasa aérea de las especies forestales arbóreas y arbustivas predominantes del ornato urbano en Juliaca.
- Estimar las cantidades de captura de CO₂ en la biomasa aérea de las especies forestales predominantes del ornato urbano en Juliaca.
- Analizar la relación que existe entre la cantidad de captura de CO₂ y la biomasa aérea de las especies forestales predominantes del ornato urbano de Juliaca.

1.4. Hipótesis de investigación

1.4.1. Hipótesis general

- Las cantidades considerables de captura de CO₂, probablemente se relacione directamente con la producción de biomasa aérea de las especies forestales.

1.5. Justificación

El presente proyecto tiene el propósito de analizar la cantidad de captura de CO₂ en relación a la biomasa aérea de las especies forestales predominantes en el ornato urbano de Juliaca, en donde se desarrollan especies como *Polylepis incana* HBK, *Pinus radiata* D. Don, *Cupressus macrocarpa* Hartw, *Cassia hookeriana* Gill, *Cytisus canariensis* (L) O. Kuntze y *Salix babylonica* L, y resaltar la contribución e importancia por su naturaleza multifuncional, particularmente como servicio ambiental urbano, por su capacidad de mitigación y captura de CO₂, ante el reto de la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, siendo el CO₂ con mayores concentraciones en el aire.

La información desarrollada en la investigación servirá de aporte y apoyo, facultando a gobiernos regionales y provinciales, en concreto en el área de Gestión ambiental, parques y jardines de la Municipalidad Provincial de San Román - Juliaca, en el criterio de manejo forestal, además de orientar en la toma de decisiones en proyectos

de forestación y reforestación, mediante líneas de actuación en la correcta selección de especies, ampliando la arborización urbana en avenidas y sectores que aún carecen de plantaciones forestales; así mejorando la resiliencia ambiental en las urbes a mediano plazo y brindando calidad de vida y aire a largo plazo, además de vincularlo con una ciudad más cómoda, ornamental y estética en beneficio a la población de Juliaca.

1.6. Contexto de la investigación

1.6.1. Ámbito espacial

El presente estudio se enfocó en 6 tramos las que comprenden avenidas y autopistas con presencia de árboles y arbustos, con mayor frecuencia de vehículos motorizados, del distrito de Juliaca.

Tramo 1: Autopista héroes de la guerra del pacífico.

Tramo 2: Avenida Huancané.

Tramo 3: Autopista Mártires del 4 de noviembre.

Tramo 4: Av. Tacna.

Tramo 5: Av. Circunvalación este y Av. san Martín (entrada terminar terrestre Micaela Bastidas).

Tramo 6: Av. Circunvalación oeste.

1.6.2. Ámbito temporal

El presente estudio osciló entre el mes de mayo y septiembre del 2019, en tiempos que se presentó descenso de temperatura y ligera precipitación, las cuales no dificultaron en la obtención de datos de campo, ni a las especies forestales; puesto que la mayoría (especies endémicas y exóticas) está adaptada a las condiciones climáticas de la localidad.

1.7. Limitaciones

- Deficiencia de estudios previos en especies nativas sobre el tema. Tal es el caso de la *Cassia hookeriana* Gill y *Polylepis incana* HBK.
- El acceso denegado y limitado para la toma de muestras (tarugos en árboles y arbustos) de individuos forestales urbanos, puesto que para la municipalidad local es considerado un patrimonio de la ciudad.
- Viajes largos de estudio en busca de individuos de control (*Salix babylonica* L. y *Cassia hookeriana* Gill) por su deficiente cantidad de plantación.
- Limitaciones en búsqueda de equipos y herramientas de trabajo netamente forestales (barreno Pressler marca Sunnto, clinómetro e Hipsómetro marca Sunnto) para la investigación.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel internacional

Aranda, Ley de Coss, Arce, Pinto, Guevera y Raj, D (2018), realizaron un estudio con el objetivo de cuantificar la cantidad de carbono capturado por biomasa aérea de 21 palmas de aceite en Chiapas, México. Determinándose la biomasa mediante la técnica del cono truncado y el uso de la fórmula alométrica $y = 243.86 + 990.61x$, el nivel de carbono se determinó por el método de Walkley-Black por espectrofotometría de UV. La cantidad de biomasa acumulada por individuo fue de 1877.30 kg. El 49.35 por ciento y 44.15 por ciento fue carbono en estípites y hojas respectivamente, la cantidad de carbono fue 877.64 kg por planta. Concluyeron que la mitad de la biomasa aérea es carbono orgánico, a mayor cantidad de biomasa determinada, mayor cantidad de carbono capturado, optando como alternativa la venta de bonos de carbono, como incentivo económico a las población.

Rodríguez, Guevara, Reyes, Ovando, Nahed y Prado (2016), estimaron la biomasa y carbono almacenado en bosques comunitarios de Chiapas, México. En un total de 358 individuos de Pino (*Pinus maximinoii*), Encino (*Quercus rugosa*), Roble (*Quercus robur*) y Ocote (*Pinus patula*), se determinaron la altura, edad y diámetro normalizado; ajustándose ecuaciones de regresión entre la biomasa

acumulada y edad de cada individuo. Siendo los bosques de Pino con mayor biomasa y acumulación de carbono (158 Mg ha^{-1}), debido a su mayor desarrollo y la menor acumulación de carbono fue en bosques de robles (5.9 Mg ha^{-1}).

Flores (2012), determinó la cantidad de carbono a 479 individuos de especies *Pinus cembroides* y subsp. *orizabensis* D.K. Bailey en el valle de Perote, Veracruz; midió el diámetro basal del tronco para determinar el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea; mediante los siguientes modelos matemáticos volumen (m^3) $V=AB*H*Cf$ ($Cf=0.5$) y análisis de varianza, para demostrar la existencia significativa; obteniéndose un total de $2\ 126.90 \text{ kgC}$ en 945 m^2 . Resaltando que el tipo de genética de las especies forestales es un factor de eficiencia en cuanto a la captura de CO_2 . Llegó a la conclusión que las especies pueden capturar 7.22 t/ha y se aprovecharía asignándole un valor económico internacional de $\text{US\$ } 36110$ por tonelada de carbono.

Escobedo, Varela, Zhao, Wagner y Zipperer (2010), realizaron un estudio con el objetivo de analizar la eficiencia de mitigación del CO_2 por árboles, en Miami-Dade y Gainesville, EE.UU; modelaron datos de almacenamiento y captura de carbono, para examinar las políticas de compensación por parte de los arboles urbanos; para ello, se compararon cantidades de CO_2 capturados y CO_2 emitidos en ambas zonas urbanas; con condiciones ambientales y patrones de urbanización diferentes. Concluyeron que los árboles con mayor DAP, son las que mayor cantidad de carbono capturaron; en Gainesville en 75 por ciento y en Miami-Dade en 72 por ciento, asignando estos resultados a altas tasas de crecimiento de los árboles. Recomendando la importancia de considerar costos para cubrir la conservación de bosques y múltiples servicios ecológicos. Advierte además, que la inclusión de especies no nativas en áreas verdes o ecosistemas periurbanos, podría generar efectos ecológicos negativos por su condición invasora.

Díaz, Acosta, Carrillo, Buendía, Flores y Etchevers (2007), en una de sus investigaciones seleccionaron 25 árboles de *Pinus patula Schl. et Cham* en el ejido Mariano en Tlaxcala, aplicando el muestreo destructivo de 5 árboles como muestras, con clases diamétricas de 6.7 cm a 64.1 cm para estimar biomasa aérea, utilizando métodos de regresión considerando variable independiente el diámetro normal (DN), generando la ecuación matemática $B = 0.0357 * DN^{2.6916}$, para calcular la cantidad de carbono se aplicó la ecuación ajustada $C = 0.021 * DN^{2.6451}$. Resultando concentraciones con mayor cantidad de carbono en el fuste con un 82 por ciento, ramas con 10 por ciento y follaje 8 por ciento. Siendo confiables estas fórmulas en el uso para la misma especie y en situaciones semejantes.

Gayoso y Guerra (2005), en una de sus investigaciones determinaron el contenido de carbono en la biomasa aérea, en bosques nativos de 16 especies en Chile. Determinando la especie con mayor cantidad de carbono en el fuste de *Saxegothaea conspicua* con 47.78 por ciento y menor cantidad de carbono en el fuste de *Weinmannia trichosperma* con 42.60 por ciento, encontrándose una relación directa de diámetro y cantidad de carbono. Concluyendo que existe una diferencia significativa alta del contenido de carbono entre especies forestales, como también en el fuste y restos (hojas, ramas y corteza), de la misma manera aceptando que el fuste representa el 71.35 por ciento de la biomasa del árbol.

Najera (1999), determinó y ajustó ecuaciones para estimar la biomasa, volumen y crecimiento en biomasa para las 10 especies arbustivas. De las 10 especies destacaron 4 especies por su hoja ancha entre ellas *E. texana scheele* perteneciente a la familia *Fabaceae*, para esta especie, utilizo la siguiente fórmula para determinar el peso total $PST=1680.5106+22.0633 * (D^2 \times H)$. Resultando con mayores biomasa fustales en especies *E. texana scheele* y *P. pallens* con 56 por ciento y 53 por ciento respectivamente, fueron las más voluminosas de las 10 especies estudiadas, durante el estudio considera que la biomasa foliar es un componente en el que menos se deposita en carbono capturado, mostrando en los

resultados lo contrario en algunas especies arbustivas, Concluyó que las fórmulas utilizadas para la determinación de la biomasa por medio del modelo de peso seco total con 53.62 Mg ha^{-1} y por la formula general $BT=EXP(6.35289+0.53335 * LOG(D2H)+0.300532 * LOG(CB))$ con 53.80 Mg ha^{-1} son similares en los resultados y que la proporción de biomasa aérea de las 10 especies se concentró en ramas 54 por ciento, fustes 40 por ciento y hojas 6 por ciento.

2.1.2. A nivel nacional

Chamorro y Falconi (2019), cuantificaron el potencial de secuestro de carbono por los árboles en parques urbanos en los distritos de El Tambo, Huancayo y Chilca. A 2371 individuos forestales, 29 especies y 89 parques urbanos. Para determinar la densidad básica de la madera, biomasa aérea y secuestro de carbono, emplearon métodos indirectos. La mayor cantidad de carbono secuestrado fue el parque Grau con 19.51 tC y 71.53 tCO₂, la especie con mayor secuestro de carbono fue *Fraxinus americana L.* con 25.11 tC y 92.08 tCO₂, la menor fue *Eryobotrya japónica (Thunb.) Lindl* con 0.084 tC y 0.31tCO₂.

Zavala, Merino y Peláez (2018), evaluaron la captura de carbono en biomasa arbustiva, arbórea y suelo en tres sistemas agroforestales SAF (menores de 8 años, entre 8-16 años y mayores de 16 años), utilizando el diseño estadístico al azar, y aplicando formulas alometricas para la estimación de la biomasa, emplearon el método Walkley y Black para la determinación del carbono orgánico. Resultando mayor cantidad de concentración de carbono orgánico en SAF mayores de 16 años con 344.24 t C/ha. Realizando un análisis económico obtuvieron s/. 1331.38, brindando mayor cantidad de servicio ambiental.

Cabudivo (2017), realizó un estudio forestal fundamentado en el secuestro de CO₂ y producción de O₂ en arboles urbanos de una avenida de 5 km aproximadamente, en el distrito de San Juan, Loreto. Evaluó a 418 individuos forestales e 17 especies

entre árboles y palmeras. Para cuyos datos de biomasa obtuvo de manera indirecta con ecuaciones alométricas, las que después las diferenció por clase diamétrica para determinar el secuestro de CO₂ y producción de O₂, obteniendo una biomasa total de 119.03 t, secuestran 217.87 tCO₂ y producen 159.59 tO₂. Sobresaliendo las especies *Syzygium cumini* “aceituna”, *Syzygium malaccense* “mamey” y *Terminalia catappa* “castaña”. Concluyendo que la mayor producción de biomasa y secuestro de carbono se dieron en diámetros de 30 – 50 cm. El ANVA de la biomasa en los diámetros fustales tuvo una diferencia significativa y r (Pearson) de un valor de 0.978, lo que significa que existe una relación alta positiva, a mayor biomasa mayor clase diamétrica.

Flores (2017), realizó estudios del potencial de captura de CO₂ de pastizales naturales “Chillihua” (*Festuca dolichophylla*) en dos sitios (Chijji Moco pampa y Quello Circa pampa) de la provincia de Paucarcolla, departamento de Puno. Midiendo primeramente la biomasa aérea y radicular, luego determinar el carbono almacenado en la biomasa, datos que fueron indispensables para estimar la captura de dióxido de carbono mediante el método del poder calórico, la mayor cantidad de biomasa y cantidad de carbono de chillihua fue en Quello Circa Pampa con 7.56 tMV/ha y 2.94 tC/ha respectivamente, siendo el tallo el componente con mayor concentración de carbono que en las hojas y raíces. La captura de dióxido de carbono total fue de 275.64 tCO₂/ha.

Oliva, Culqui, Santos, Collazos, Salas, Vásquez y Maicelo (2017), realizaron un estudio con el objetivo de determinar la reserva de carbono comprendida en sistema pastoril de *Pinus patula*; en Amazonas, Perú. Emplearon 6 individuos de esta especie con métodos directos, para cada componente; utilizando ecuaciones alométricas a partir del DAP y altura del fuste para obtener la biomasa $B = 0.6575 * DAP^{1.1794}$. Obteniendo 92.13 t/ha de carbono almacenado, concentrando una buena cantidad de captura de carbono en su biomasa con 42.70 por ciento.

Pérez et al. (2015), cuantificaron la captura de CO₂ en totora de humedales de la costa del pacífico en Perú, realizándose muestreos aleatorios de 1m², de componentes aéreos y de la raíz, el contenido de carbono se obtuvo mediante el método de Walkley - Black y captura de CO₂ lo determinaron mediante “factor de conversión de carbono a dióxido de carbono”, cual obtuvieron 84.05 t CO₂/ha, resaltando la importancia como servicio ambiental, concluyendo en la importancia de conservar los totorales y su ecosistemas, por cuanto mayor biomasa mayor captura de CO₂ atmosférico.

Morales (2015), evaluó poblaciones de *Polylepis rugulosa*, su eficiencia de captura de CO₂ en Tarata, Tacna. Las variables que se midieron fue la altura total con un promedio de 3.52 m; seguidamente el volumen $V = AB * H * Cf$ y el diámetro a la altura del pecho; para obtener la biomasa se multiplicó el volumen por la densidad de la madera de la especie; con la biomasa obtenida se multiplicó por el factor de contenido de carbono (0.45). Finalmente, para obtener el CO₂ capturado se multiplicó el contenido de carbono por el factor de conversión (3.66); resultando la capacidad captura de CO₂ de 31 387.6 toneladas de CO₂/ha/año; considerando que son ecosistemas intactos de influencia antrópica; con 93.3 por ciento de individuos en buenas condiciones, semi intervenida con 5.3 por ciento e intervenida con 1.4 por ciento.

López (2015), en su estudio evaluó el potencial de captura de carbono en 30 plantaciones de la especie *Calycophyllum spruceanum* b; para lo cual utilizó la metodología indirecta con el uso de una ecuación alométrica $Bt = 0.072 * D^{2.642}$, basándose en variables predictivas como el diámetro a la altura del pecho, diámetro de la base y la altura total de los individuos; estimándose la cantidad de carbono con la función constante de 0.45. El carbón almacenado fue de 125.9 tCeq/ha.

Yaranga & Custodio (2013), determinaron la capacidad de almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos (*Stipa ichu*, *Alchemilla pinnata*, *Festuca dolichophyllay* y *Muhlenbergia ligularis*) en los distritos de Husiacancha (3 845 m.s.n.m) y Chicche (3 870 m.s.n.m) de la provincia de Huancayo, Junín. Tomando como muestra 10 plantas, disecadas a 60 °C, durante 48 horas; para la determinación del porcentaje de C utilizaron el método de Walkley-Black. La concentración de carbono de las especies estudiadas fue superior al 30 por ciento en promedio. El porcentaje de carbono en biomasa aérea de Huasicancha y Chicche varió entre 30.14 por ciento y 31.17 por ciento respectivamente; en biomasa radicular entre 29.84 por ciento y 30.09 por ciento respectivamente.

Cobas, Area, & Monteoliva (2014), realizaron un estudio de los patrones de variación de la densidad de la madera de *Salix babylonica* para su determinación de edad de transición de Entre Ríos, Argentina en 5 árboles de 45 años, tomando muestras en 3 diferentes alturas y en 9 posiciones diferentes radiales. Las cuales el resultado fue de 414 kg/m³ en madera Juvenil y de 424 kg/m³ en madera madura. Concluyendo que los valores promedio entre estas no representan diferencias significativas, a tal sentido a considerarse homogéneos desde el punto de vista de densidad.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Biomasa aérea

Considerado como masa seca que se encuentra por encima de la superficie de un árbol, calculada en kilogramo/árbol, toneladas/árbol y toneladas/hectárea (Brown, 1997). Forma parte de los requisitos indispensables para determinar el mecanismo dinámico y funcional de los gases CO₂ y O₂, principalmente (Dobbs, 2011 y Nowak, 1996) o montos de carbono que pueden fijarse o liberarse (Silva & Navar, 2010). La biomasa en términos genéricos se halla multiplicando el volumen por la densidad de la madera de cada especie (Brown, 1997). Finalmente, empleando

los factores de expansión de biomasa (FEB) para determinar la biomasa total desde datos de biomasa del fuste (Schlegel, Gayoso, & Guerra, 2001).

a. Métodos de estimación de biomasa aérea

Para obtener datos cuantitativos de biomasa suele ser dificultoso pero fácil de interpretar (Dobbs et al., 2011), para ello existen:

- Métodos directos (destructibles), que consiste en el tumbado de árboles con un Diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio y peso seco, para obtener la biomasa total; no obstante, es utilizado en individuos forestales homogéneos, que son considerados de alta significancia económica y socio ambiental (Madgwick, 1973), en zonas urbanas este método no es asequible debido a la naturaleza de su heterogeneidad (Maza de la C. et al., 2005).
- El método de cubicación (semi-destructible), consiste en el muestreo de componentes al azar de fuste y ramas para su determinación de biomasa, con el apoyo de formulación alométrica y densidad básica de la madera.
- Métodos indirectos (no destructible), mediante modelos matemáticos alométricos en base al diámetro normal, altura total, área basal y densidad básica de la madera (Brown, 1997).

b. Ecuaciones Alométricas

Son análisis dimensionales que permite estudiar los componentes de un organismo forestal; mediante expresiones matemáticas con variables asequibles en su medición Díaz et al. (2007); tal como el Diámetro normal, altura total, área basal, volumen y densidad de la madera (Martínez et al., 1992); que servirán para estimar variables difíciles de medir como la biomasa aérea, obteniendo datos de esta variable en función de las primeras (Pastor, Aber, & Melillo, 1984)

Los modelos matemáticos alométricos, no solo facilita a cuantificar la biomasa sino también a interpretar su función especialmente en áreas urbanas y suburbanas (Nowak, 1996). Sin embargo existen pocos modelos alométricos para especies comunes en áreas urbanas, como también la inaccesibilidad para obtener muestras debido al requerimiento aprobatorio de la licencia a múltiples propietarios (Nowak, 1996) públicos y privados responsables, que no permiten que se incidan daños físicos al ornato urbano.

c. Factor de expansión de la biomasa

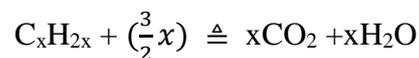
Es un coeficiente utilizado para considerar datos de la biomasa aérea no comercial como ramas y follaje (Alpizar, 1997); sumándole a la biomasa comercial o expandiéndolo; logrando estimar la cantidad de la biomasa aérea total (Navar, 2009).

2.2.2. Captura de dióxido de carbono (CO₂)

Es la diferencia del CO₂ absorbido, retenido y liberado; que es acumulado en diferentes estados y compuestos orgánicos e inorgánicos (Pardos, 2010); como también en la hidrosfera, atmósfera y toda la biosfera terrestre (IPCC, 2000).

a. Dióxido de carbono (CO₂)

Medina (2010) lo define como un compuesto inorgánico, gas inerte resultante de la oxidación total, en la fase de combustión:



La OMS (2018) integra este compuesto como uno de los gases químicos presentes en la atmosfera de manera natural o por las actividades antropogénicas e industriales, en su mayoría derivadas de la combustión de

fósiles y cementeras. Así mismo, Medina (2010) indica que este gas fue nominado desacertadamente como “gas invernadero” o “contaminante físico”. No obstante, la participación del compuesto en otro aspecto es fundamental para el desarrollo de recursos forestales mediante la fotosíntesis.

b. Factores y condiciones de captura de dióxido de carbono

El potencial de captura de dióxido de carbono está sujeto a diferentes escenarios climatológicos, estación, cambio de uso de suelo (Kirby & Potvin, 2007). Por otro lado la estructura, tasa de crecimiento, edad del árbol y la eficiencia del metabolismo de cada especie forestal, influye en la transformación de CO₂ capturado en energía y compuestos carbonados (Pardos, 2010 y Sanchez, 1993).

Brown (1997) utiliza métodos aritméticos como el factor de conversión para determinar la cantidad de CO₂ capturado, considera que la diferencia en el uso de modelos matemáticos para determinar la captura de carbono es debido al crecimiento de la biomasa; siendo en algunos árboles y arbustos escasos el desarrollo diametral. La captura de carbono engloba el carbón liberado por factores de mortandad, descomposición, tamaño y condición de los individuos arbóreos (Nowak et al., 2002).

- Diámetro normal: Se representa con la abreviatura DAP, d.a.p. y en ingles d.b.h., para conocer el diámetro representativo del árbol a la altura de 130 cm, en arbustos a 10 cm, sobre el nivel del suelo; es considerado como la variable más relevante a tomar en cuenta para la captura de CO₂ del arbolado urbano y bosques (Pardos, 2010). Obteniendo mediante medición de la circunferencia del fuste del árbol y dividiéndolo por $\pi=3.1416$ (Ugalde, 1981).
- Densidad básica de la madera: La densidad de la madera se plasma en la cantidad leñosa en estado seco en un volumen determinado de la madera,

con una humedad igual o mayor al punto de saturación de las fibras. Siendo uno de las propiedades más importantes, y analizarlos ayuda a identificar múltiples variables de uso como combustible, capacidad de captura de carbono, resistencia de la madera para estructuras (Ríos et al., 2018).

c. Sumideros de carbono

Es la circulación neta de compuestos químicos capaz de acumularlo desde la atmosfera al interior del sistema como bosques, suelo, océano, etc. (Pardos, 2010); es decir, son procesos que capturan gases de efecto invernadero (GEI) de la atmosfera, cuando absorbe más carbono de lo que emite en un periodo de tiempo, siendo la forestación uno de los ejemplos como sumidero de CO₂ (IPCC, 2018).

d. Fuente

Es la función inversa que cumplen los sumideros (Pardos, 2010); es decir, libera gases de efecto invernadero a la atmósfera. Un depósito de carbono puede ser una fuente liberadora a la atmósfera, si recibe menos carbono del que emite, como los bosques, en situaciones de ciertos trastornos (plagas, enfermedades, tala o muerte) que dificulten la función del sumidero (IPCC, 2000; Pregitzer & Euskirchen, 2004).

2.2.3. Método Walkley-Black

Es uno de los métodos analíticos eficientes en determinar la concentración de carbono, consiste en la oxidación húmeda del carbono con una mezcla de K₂Cr₂O₇ más H₂SO₄, el exceso de K₂Cr₂O₇ es determinado por titulación con Sal de Mohr (NH₄Fe)₂ (SO₄)₃ o con FeSO₄ (Walkley & Black, 1934). En caso de hallar el porcentaje de materia orgánica (MO) es igual al porcentaje de carbono de la biomasa factorizando 1.724 por 58 por ciento del carbono de la MO (Kalra & Maynard, 1991).

$$\% MO = M * \frac{1.724 * 0.4 * Nsfa * (Vb - Vm)}{p}$$

$$\% C = 1.724 * \% MO$$

2.2.4. Servicios ambientales

Phillippe (s.f.), señala que es la capacidad de prestar utilidades de la naturaleza, con el objetivo de brindar calidad de vida para todos; es decir, que la misma naturaleza trabaja por conseguir estos beneficios que garantizan sostenibilidad (ONU, 2015b); caso contrario si se alteran, muchos ecosistemas se mantendrían disfuncionales o costosas. Por ello comprende varios objetivos entre ellos está la reducción del CO₂, una estrategia aprobada por el protocolo de Kioto, por medio de bosques, ejemplo de servicios ambientales (IPCC, 2003 y Ruiz, García, & Sayer, 2007).

a. Áreas verdes urbanas

Son aquellos espacios público o privado con presencia de vegetación espontanea o por inmersión antropogénica, urdiendo las ciudades más habitables, confortantes y sostenibles (Rosas & Bartorila, 2017). Según la OMS (2003) determina un mínimo de 10 m²/habitante de área verde, si no fuese disponible sugiere que los residentes se establezcan a pocas distancias a 15 minutos máximo de un área verde.

Comúnmente está constituido por unidades de árboles reunidos, comprendidas y extendidas en las ciudades; englobando a los arbustos (Dwyer et al., 1992). Actualmente son considerados componentes de zonas de recreación; no obstante, más allá del fondo estético los arboles urbanos contribuyen a reducir las concentraciones de CO₂ en la atmosfera durante el crecimiento lo capturan y lo almacenan en su biomasa (Maza de la C. et al., 2005); conservando el

habitat de especies y mejorando la calidad de vida de las personas en zonas urbanas (Rosas & Bartorila, 2017).

Sin embargo, los árboles urbanos también emiten CO₂ por su fisiología natural, la descomposición de su forraje, alteración de su estructura y en estado moribundo (Escobedo et al., 2010); las que a su vez, son influidos por la decisión humana, en la selección de especies forestales para áreas públicas según preferencias de los residentes públicos y privados (Reyes de la Barra et al., 2018).

b. Arborización

Sorensen et al. (1998), menciona que es la alusión de la plantación y mantenimiento de una determinada cantidad de árboles. En tal sentido, la acción de arborizar espacios urbanos es imprescindible, puesto que se estima la necesidad de 22 árboles por persona, para cubrir la demanda de oxígeno y retribuir las emisiones de CO₂ de diversas fuentes (Martins et al., 2018 y SERFOR, 2016a); considerando que muchos árboles brindan beneficios en general; no obstante, existen árboles que reducen beneficios o aumentar costos (Nowak & Dwyer, 2000).

2.2.5. Cambio climático

Martinez y Fernández (2004), menciona que es una situación modificante de la atmosfera, por medio de la participación del océano y continentes; por tanto, las alteraciones climáticas vienen dadas por la desviación o desbalance de datos del valor promedio de indicadores meteorológicos de temperatura; que trastorna el sistema y el desempeño del globo terráqueo Álvarez et al., (2017); relacionado con las actividades antropogénicas que influye en el medio ambiente directa o indirectamente (CMNUCC, 1992).

a. Protocolo de Kioto

Se aprobó en la tercera conferencia de partes de 1997, comprometiéndose a países desarrollados a estabilizar sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en promedio 5.2 por ciento mínimo como meta para el periodo del 2008 al 2012. Para que el compromiso llegue a ser asequible el protocolo establece tres mecanismos flexibles: Comercio internacional de emisiones (CIE), Implementación conjunta (IC) y Mecanismos de desarrollo limpio (MDL).

b. Mecanismos para un desarrollo en limpio (MLD)

Son mecanismos que forma parte del protocolo de Kioto ante el incremento de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera para mitigarlos. Fue adoptado y presentado este problema en la tercera conferencia de partes (COP3) de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC). Consiste en que los países accedan a la compra de emisiones, en especial países industrializados por medio de proyectos ejecutados en países en desarrollo. Beneficiándose mutuamente, por un lado los países en desarrollo adquieren tecnologías, mayor flujo de capital de inversión en proyectos que demuestren verdadero beneficios y resultado de ello contribuir al desarrollo sostenible del país (Protocolo de Kyoto, 1997).

c. Gases de efecto invernadero

Lo conforman el vapor de agua (H_2O), bióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) y ozono (Najera, 1999); como también otros por creación de compuestos que contienen flúor y bromo (Houghton et al., 2001); por tanto, el incremento de estos gases dentro de la tierra implica la deficiencia de re-emisión de energía de la tierra al espacio; haciendo que la temperatura dentro de ella emerja mas (Martinez & Fernández, 2004).

d. Acciones de mitigación de CO₂

El Protocolo de Kyoto (1997) formula propuestas para mitigar las acciones del CO₂ mediante el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y en el Organismo de las Naciones Unidas [ONU](2015b) mediante los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015-2030 (ODS) correspondiendo al objetivo 13 adoptar medidas necesarias para combatir el cambio climático mediante la reducción de las emisiones del CO₂.

- Forestación y reforestación.
- Implementación de normativas consistente en brindar información de las emisiones de CO₂ de motores las que formará parte de la ficha técnica en el mercado de automóviles.
- Reducción en la quema de residuos agrícolas.
- Evitar el uso excesivo de los vehículos motorizados, promoviendo alternativas como ciclistas.

2.2.6. Descripción taxonómica y botánica de las especies de estudio

a. Cassia hookeriana

Taxonomía

Reino : Plantae
Grupo : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsida
Orden : Fabales
Familia : Caesalpinaceae, Fabaceae
Género : Cassia.
Especie : *Cassia hookeriana* Gill
Nombre común : Salliwua, Mutuy y K'ocak'oca

Descripción botánica:

Según Reynel (1988), se le denomina arbusto (1.5 m en Puno) a árbol hasta 4 m de altura, contiene muchas ramas lignificadas y robustas (0.3-0.5 cm) de diámetro; hojas paripinnadas alternas, esparcidas y estipuladas. En algunos hay pelos ralos en el borde, el ápice es mucronado, la base asimétrica. La inflorescencia se distribuyen en racimos simples de 9-11 cm de longitud; sus flores se agrupan hacia la mitad apical de la inflorescencia, cáliz de 5 pétalos libres de color amarillo intenso, con 7 estambres; el fruto siendo una legumbre de 7-11 cm de longitud, con 13 a 15 semillas.

Distribución y hábitat:

En toda la sierra de Perú, desde el norte (Libertad) hasta el sur (Puno), ubicándose entre los 2200 a 4000 m.s.n.m. siendo abundante en el valle del Mantaro de la sierra central. En Puno se ubican en el área circunlacustre adyacente (Reynel, 1988).

Factores que influyen en el desarrollo:

Según (Reynel, 1988) su poder germinativo es de un 80 por ciento, y brota a las dos semanas de siembra. Es suspicaz al ataque y lucha de hongos (chupadera fungosa).

Usos

Tiene múltiples usos como en la construcción (techos y puertas), sus ramas son empleadas para el tejido de cestos. En agroforestería es importante debido al uso como cerco vivo, conservación y retención de suelos. Otros usos son medicinales para combatir las niguas y bajar la fiebre.

b. Cupressus macrocarpa

Taxonomía

Reino : Pantae
Grupo : Pinophyta
Clase : Pinopsida
Orden : Pinales
Familia : Cupressaceae
Género : Cupressus
Especie : *Cupressus macrocarpa* Hartw
Nombre común : Ciprés, Ciprés de Monterrey,
Ciprés de California, Macrocarpa

Descripción botánica

Es un árbol con alturas hasta 25 m, con una vida de hasta 300 años, posee un follaje perenne. Es propensa a plagas como la lepidóptera (*Laspeyresia cupressana*) las cual durante su desarrollo forma galerías, también es sensible y propenso al cancro (*Coryneum cardinale*), la cual solo afronta aquellos ciprés que se ubican en la costa, puesto que la sal interviene en el establecimiento del hongo. (Abrahamson, 2003)

Distribución y hábitat

Es originario del sudoeste de EE.UU., Puede crecer en alturas de entre 500 a 3500 msnm, su crecimiento se a naturalizado en zonas templadas en otras regiones de Latinoamérica (Cabrera, Martínez, & Granada, 2007).

Factores que influyen en el desarrollo

El desarrollo depende del adecuado drenaje del suelo (bueno-moderado), con una textura arenosa a franco arcillo arenosa. También influye la temperatura las cuales se encuentran entre las mínimas entre 0-11 °C y máximas entre 20-32 °C, el pH no es mucha influencia en su desarrollo (Abrahamson, 2003).

Usos

Debido a su resistencia por su robustez es propicio usarlo como cercos vivos, rompe viento, barreras contra heladas, ornamental debido a la estética en su follaje.

c. Cytisus canariensis

Taxonomía

Reino : Plantae
Grupo : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsida
Orden : Fabales
Familia : Fabaceae
Género : Cytisus
Especie : *Cytisus canariensis* (L) O. Kuntze
Nombre común : Retamilla

Descripción botánica

Es un arbusto que llega a crecer hasta de 3-5 m de altura, posee hojas compuestas de foliolos en forma oval, cubierta de pelusa, su florescencia es en grupos o racimos las cuales contienen hasta 20 flores amarillas brillantes; el fruto es una vaina que contiene semillas de color pardo-gris (Pose & Kristensen, 2015).

Distribución y hábitat

Es originaria de las islas canarias, pero su crecimiento como especie introducida es distribuido por EE.UU, Europa y América Latina.

Factores que influyen en el desarrollo

Esta especie se naturaliza fácilmente a diferentes regiones, puesto que tolera temperaturas extremas como heladas en regiones andinas.

Usos

La utilidad en el campo agroforestal es de importancia, por su función cortaviento, cerco vivo y ornamental (Elicriso, 2018)

d. Pinus radiata

Taxonomía

Reino : Plantae
Grupo : Gymnospermae,
Clase : Equisetopsida
Orden : PinalesGorozh
Familia : Pinaceae
Género : Pinus L.
Especie : *Pinus radiata* D. DON
Nombre común : Pino, Pino de Monterrey.

Procedencia y descripción botánica

Es un árbol que llega a alturas de entre 30-50 m, el diámetro del fuste puede medir más 100 cm, comprende de una corteza gris verdosa, conos ovoides, sus foliolos constan de 3 acículas por fascículo.

Su desarrollo y crecimiento es dependiente de los sitios, presenta mayor y rápido crecimiento en sitios de calidad (Comision Nacional Forestal, 2010)

Procedencia

Es nativo del estado de california EE.UU, introducidas en otras regiones de América latina, Europa y Nueva Zelanda (CONAFOR, 2010).

Factores que influyen en el desarrollo

Su crecimiento se da en suelos arcillosos con buen drenaje y zonas con precipitaciones media de 300 mm.

Usos

La materia prima más utilizado siendo la madera se emplea principalmente en la fabricación de muebles, papel tableros aglomerados, ebanistería, tapicería y muchos otros. Sus folios se emplean medicinalmente (MAE, 2014) .

e. Polylepis incana

Taxonomía

Reino : Plantae
Grupo : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsida
Orden : Rosales
Familia : Rosaceae
Género : Polylepis
Especie : *Polylepis incana* HBK
Nombre común : Q'ëñua, Q'euña, Quinual.

Descripción botánica

Según Reynel (1988) Puede llegar a medir hasta 4 m de altura, achaparrado y robusto, con cuantiosa ritidoma membranáceo a papiráceo. Sus ramitas son cilíndricas de 0.4 – 0.7 cm de diámetro y muy lignificadas, de color marrón, sus hojas son trifoliadas (foliolos abobados) y fasciculadas, la inflorescencia se distribuye en racimos axilares de 5-8 cm de longitud con 3-10 flores de 5 mm de longitud, cada una de 4 tépalos; su fruto es irregularmente alado de 0.2-0.7 cm de ancho y 0.2-0,5 cm de longitud.

Distribución y hábitat

Se encuentra entre altitudes de 3000 y 4700 msnm, en la región de Puno se hallan en 3 zonas distinguibles: en la zona circunlacustre, intermedia y cordillerana. Destacando su importancia debido a la tolerancia a intensos fríos y extrema altitud, como también a suelos áridos (Reynel, 1988).

Factores que influyen en el desarrollo

Para un buen desarrollo durante las dos primeras semanas el sustrato debe mantener un buen nivel de humedad y con una buena proporción de materia orgánica

Usos

Tiene diversas aplicaciones como; leña y carbón por su alto poder calorífico, en construcción, fabricación de herramientas agrícolas y artesanía. En prácticas agroforestales se emplean como cercos vivos o cerco contra heladas. También tiene usos medicinales para afecciones en vías respiratorias y reumatismo.

f. *Salix babylonica*

Taxonomía

Reino : Plantae
Grupo : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsida
Orden : Malpighiales
Familia : Salicaceae
Género : Salix
Especie : *Salix babylonica* L
Nombre común : Sauce llorón, sauce negro,
sauce criollo.

Descripción botánica

Es un árbol dioico perennifolio, llega a alcanzar alturas de 9 a 12 m de altura, con una corteza rugosa y gris, con copas anchas ligeramente abierta, contiene hojas simples, alternas y lanceoladas finamente dentadas de 9-10 cm de largo y 1-1.5 cm de ancho, con ramas colgantes que pueden llegar hasta la superficie del suelo, por la cual se le atribuye el nombre de sauce llorón (De la Cerda, 2000).

Distribución y hábitat

Es originaria del norte de china, con el tiempo se extendió por centro de América como México y otras regiones de América del sur como Chile, Perú y Argentina (Méndez, 2012)

Factores que influyen en el desarrollo

Se propagan mediante esquejes de árboles femeninos, se adapta sin dificultades a climas fríos o calientes, pero la exigencia para su desarrollo son suelos húmedos de afinidad a suelos arenosos y de mucho riego, en excepciones pueden tolerar superficies secas, la cual faculta a sus raíces invadir drenajes, tuberías y otras instalaciones en busca de agua, originando daños y problemas. Es propenso al ataque de plagas como el Gibson *Corythucha salicata* como chupadores o defoliadores (De la Cerda, 2000; Méndez, 2012).

Uso

Mayormente en agroforestería se utiliza como un elemento ornamental,

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. **Ámbito de estudio**

La presente investigación se llevó a cabo en el distrito de Juliaca, ubicada en la provincia de San Román de la Región Puno, geográficamente se ubica en los $15^{\circ}28'28''$ de Latitud Sur y $70^{\circ}10'10''$ Longitud Oeste con una altitud de 3820 m sobre el nivel del mar (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018).

El clima es frígido, presenta una temperatura media de 9.5°C , precipitaciones anuales promedio de 615 mm, con escasa humedad relativa 60 por ciento (SENAMHI, 2018) . El estudio se realizó en 6 tramos urbanos (Anexo 4) con presencia de arbolado y frecuencia vehicular.

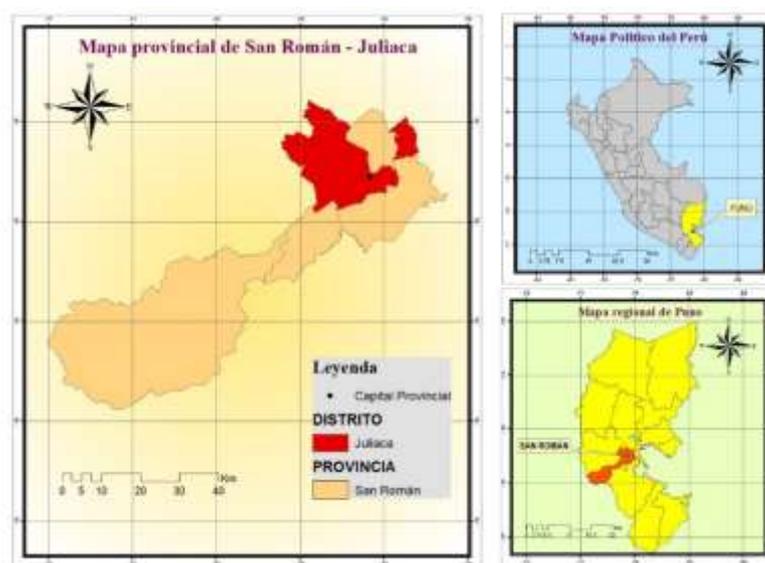


Figura 1. Ubicación del Área de Estudio.

3.2. Tipo, nivel y diseño de investigación.

El enfoque de investigación es cuantitativa y cuantitativo siendo la naturaleza de los datos numéricas. El tipo de investigación es aplicada donde los conocimientos obtenidos son devueltos a las áreas de demanda dentro del contexto de intervención, mediante la toma de decisiones (Vargas, 2009), correlacional debido a que en este estudio se midió 2 variables en un mismo sujeto. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

El nivel de investigación es de alcance descriptivo, puesto que se recogieron datos mediante mediciones empleando análisis estadísticos (Hernández et al., 2014).

Con una investigación de diseño no experimental de corte transversal; debido a que no se manipulo las variables de investigación; pero, se examinó y describió las relaciones entre variables que intervienen en las acciones de captura de CO₂ un solo corte de tiempo (Hernández et al., 2014).

3.3. Materiales y equipo

3.3.1. Instrumentos y equipos de campo.

Barreno Pressler marca Sunnto, cinta diamétrica 5 m, cámara fotográfica 8x, Clinómetro Sunnto, cinta de métrica con rebobinado automático 30 m, GPS Garmin 650, tijera podadora de mano, machetes, bolsas polietileno, bolsas de papel, Lápiz 2B, bolígrafos, marcador permanente o indeleble, carpeta de recopilación de datos y formulario de datos.

3.3.2. Reactivos, Instrumentos y equipos de laboratorio.

Reactivos: Solución de dicromato de potasio K₂Cr₂O₇ (1N), ácido sulfúrico H₂SO₄ (98-99 por ciento), fluoruro de sodio NaF, indicador difenilamina en solución sulfúrica, disolución de sulfato ferroso amónico o sal de Mohr, (SO₄)₂Fe(NH₄)₂•6H₂O 0,5 N.

Instrumentos y equipos: Matraces Erlenmeyer aforados de 125 ml, tubos de ensayo, vasos precipitados 250 ml, pipeta graduada, bureta, balanza calibrada, estufa, mortero, tamizador ($\varnothing=0.5-1\text{mm}$) y pinzas

3.3.3. Instrumentos y equipos de gabinete.

Computadora personal (HP), paquetes de software SIG (*ArcGis 10.5*) e *InfoStat*, dispositivos de almacenamiento USB, CD ROM, marcadores indeleble, pintura blanca y papeles A4.

3.4. Población y muestra.

3.4.1. Población

El número total de individuos forestales se restringió a árboles y arbustos maduros de *Cassia hookeriana* Gill, *Cupressus macrocarpa* Hartw, *Cytisus canariensis* (L) O. Kunz, *Pinus radiata* D. DON, *Polylepis incana* HBK, *Salix babylonica* L; siendo 230 (entre árboles y arbustos) que cumplen con las características de estudio, ser mayores a 3 años, con DAP mayor a 10 cm en árboles (Gaillard, Pece, Juárez, & Acosta, 2014; MacDicken, 1997) y de 5 cm de DAB para arbustos (Gómez, Pinto, Guevara, & Gonzalez, 2010; Pinelo, 2004; Schlegel et al., 2001) comprendidas en las 6 avenidas más concurridas con presencia de estas especies predominantes, adaptadas a la presión vehicular de la ciudad; considerando que una población es imperfecta para inventarios forestales (McRoberts y Tomppo, 2014).

3.4.2. Muestra

Para efecto de la muestra Brown & Lugo (1984) recomiendan muestrear mínimo 30 individuos forestales siendo suficientes para un estudio. Se optó por realizar el método de cálculo de tamaño muestral probabilístico para poblaciones finitas (FAO, 2003, 2004). Cuya idea básica fue escoger una muestra de “n” individuos representativa y confiable que cumplan características de estudio, ajustando la

población de cada especie por separado al modelo muestral; equivalente a la población $N= 230$ individuos, con un error del 0.5 y confianza de 95 por ciento. Siendo una muestra representativa de $n=151$ individuos forestales estudiados.

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Con un muestreo aleatorio sistemático $K=2$, $i=2$, obteniendo una muestra representativa forestal.

$$“n” = \left[\frac{N}{K} \right]$$

$$M = (i, i+k, i+2k, i+3k, \dots, i+(n-1)k)$$

Dónde: $K=$ muestreo sistemático (intervalo), $N=$ población, $n=$ muestra representativa, $i=$ número entero inicial aleatorio

$n = 151$ individuos forestales (Anexo 10)

Para la obtención de datos de la muestra control o blanco ambiental, se realizó mediante el método no destructivo, se escogió 3 individuos forestales por cada especie al azar con un diámetro mayor a 10 cm en árboles y con un diámetro mayor a 5 cm en arbustos, que cumplan las condiciones de estudio. Las cuales se registraron sus características alométricas y se obtuvieron muestras (fuste, follaje y ramas) para analizar el porcentaje de C y la densidad básica de la madera en laboratorio para cada una de ellas, obteniendo una muestra control de 18 especies forestales.

3.4.3. Sub – muestra

La selección de 9 individuos por cada especie forestal se realizó aleatoriamente, siendo un total de 54 individuos forestales urbanos, para efectos de análisis de laboratorio. El procedimiento consistió en buscar alternadamente árboles con buenas condiciones fenológicas y sanitarias. Obteniendo muestras de sus componentes (fuste, ramas y follaje), siendo estos trasladados al laboratorio para su respectivo análisis de porcentaje de C. Cumpliendo las mismas condiciones fitosanitarias se obtuvieron muestras adicionales de 4 a 7 tarugos por especie forestal para la determinación de la densidad básica de madera.

Tabla 1

Zonas georreferenciadas de la muestra representativa

N° arboles/ Individuos	Muestra	Tramo 6	Tramo 5	Tramo 4	Tramo 3	Tramo 2	Tramo 1	Zona 0
Ubicación UTM		0377202 E 8286672 S	0379522 E 8287307 S	0379531 E 8285910 S	0379297 E 8284862 S	0379934 E 8288306 S	0377237 E 8286672 S	
230 individuos.	151 individuos entre árboles y arbustos	- <i>Pinus radiata</i> - <i>Salix</i> <i>babylonica</i>	- <i>Pinus radiata</i> - <i>Cassia</i> <i>hookeriana</i> - <i>Salix babylonica</i>	- <i>Pinus radiata</i> - <i>Salix babylonica</i>	- <i>Cytisus</i> <i>canariensis</i>	- <i>Cupressus</i> <i>macrocarpa</i>	- <i>Pinus radiata</i>	- <i>Pinus radiata</i> - <i>Cassia hookeriana</i> - <i>Salix babylonica</i> - <i>Cupressus macrocarpa</i> - <i>Cytisus canariensis</i> - <i>Polylepis incana</i>

Nota.

Zona 0: Provincia de Moho (*Salix babylonica* L), Vivero forestal de San Juan de Potojani Chucuito (*Pinus radiata* D. Don, *Cupressus macrocarpa* Hartw, *Cytisus canariensis* O. Kuntze y *Polylepis incana* HBK) y vivero forestal de Juliaca (*Salix babylonica* L, *Cassia hookeriana* Gill) (zonas de control o blanco ambiental).

Tramo 1: Autopista héroes de la guerra del pacifico.

Tramo 2: Avenida Huancané.

Tramo 3: Autopista Mártires del 4 de noviembre.

Tramo 4: Av. Tacna.

Tramo 5: Av. Circunvalación este y Av. san Martin (entrada terminar terrestre).

Tramo 6: Av. Circunvalación oeste.

3.5. Obtención de la información

3.5.1. Contenido de biomasa aérea

- a. Reconocimiento de zonas de estudio (tramos) y zonas de control.

Se realizó la selección y reconocimiento del área de estudio de las 6 tramos entre avenidas y autopistas, adicionalmente se consideraron los viveros forestales o lugares que sirvieron solo como blanco de comparación. Para ello, se utilizó un receptor de Sistema de Posicionamiento Global (GPS); posteriormente elaborando un mapa que comprende el área total y sus posiciones con la aplicación del programa ArcGIS 10.5. Considerando el sentido conservacionista e integridad del ornato de la ciudad y zonas de control (blanco de comparación), las labores de campo para la determinación la biomasa aérea y captura de dióxido de carbono de cada uno de los individuos forestales se fundamentó en procedimientos no destructivos y la misma metodología para ambos escenarios o situaciones (ornato de la ciudad y zonas de control).

- b. Inventario y registro de datos de especies forestales arbóreas y arbustivas.

Después del reconocimiento del área del estudio se procedió a levantar datos del inventariado e identificación de especies forestales mayores a 3 años y con DAP mayor a 10 cm en árboles (MacDicken, 1997) y de 5 cm de DAB para arbustos (Gómez et al., 2010). Seleccionando 151 individuos de las 6 especies forestales, distribuidos en las diferentes avenidas, marcándolos y enumerándolos en un formulario (Gaillard et al., 2002; Quiceno, Tangarife, & Álvarez, 2016). Inmediatamente procediendo con la medición de variables registrándose en una base de datos.

c. Medición de Variables dasométricas.

- Altura total: Se realizó las mediciones con el instrumento clinómetro Sunnto (FAO, 2004, p. 77) diseñado para medir altura de árboles mediante escalas de grados y porcentajes (Callo, 2001; H. Gómez et al., 2010; Juarez, 2014; MINAM, 2015).

$$H = (Lc/10 \times d) + h_o$$

Dónde:

H= Altura total del árbol/arbusto (m); Lc = Lectura del clinómetro (porcentaje); d=Distancia entre el operador y el árbol (m); ho = Altura hasta el ojo del operador (m).

- Diámetro Normal: Se realizó la medición de la circunferencia con una cinta métrica a una altura del árbol de 130 cm o a la altura del pecho (DAP) y en arbustos el diámetro a la base (DAB) o a 10 cm de base (Douterlungne et al., 2013; Najera, 1999), sobre la superficie del suelo; los datos obtenidos se dividió por 3.1416 en el sistema métrico decimal en cm (Brown, 1997; MINAM, 2015).

$$DN = \frac{C}{3,1416}$$

Dónde:

DN= Diámetro a la altura del pecho, 1.30m (cm); C = circunferencia (cm)

d. Calculo del volumen.

Para obtener datos del volumen general de cada individuo en pie, se recurrió al modelo matemático de HOSSFELD (Brown & Lugo, 1984; Cancino, 2012; Chambi, 2001; MINAM, 2015) y para el uso de coeficiente de forma (Rivas, 2006).

$$V = \frac{\pi}{4} \times H \times DN^2 \times FF$$

Dónde:

V= volumen (m³); H= Altura del árbol (m); DN= Diámetro normalizado (m);
FF= Factor de forma (latifoliada 0.79, coníferas 0.65)

e. Determinación de la densidad básica.

Para determinar la densidad básica, se tomaron muestras (tarugos de fustes maduros) al azar de cada especie de árbol y arbusto que cumplan con buenas condiciones fenotípicas. Para ello surgió la necesidad del uso de un Barreno (taladro) Pressler marca Sunnto de 20 cm de longitud y 5 mm de diámetro, el proceso de extracción fue a 1.30 m de altura en árbol y 0.10 m de altura en arbustos de manera perpendicular el barreno (Vázquez, Zamora, García, & Ramírez, 2015); sin generar impactos negativos en el desarrollo, ni alteraciones en el crecimiento futuro del árbol (Giraldo et al., 2014).

El material recolectado en campo, inmediatamente se trasladó al laboratorio de la Universidad Nacional de Juliaca, en bolsas de plástico asegurando su protección debidamente rotulada e identificada para cada especie (FAO, 2004; Synnott, 1990). Se empleó el Método de Máximo Contenido de Humedad (MCH); se empaparon las muestras en agua potable por 10 días para lograr la penetración total del agua, renovando el agua periódicamente; una vez conseguido se pesaron en una balanza analítica marca Mettler Toledo (precisión de 0.0001 g). Posteriormente se deshidrataron en una estufa marca P SELECTA a 100 °C por un intervalo de 5 días hasta conseguir un peso constante, sugerido por Vázquez et al. (2015). Los datos obtenidos se aplicaron en la fórmula recomendado por Smith (1954), Valencia & Vargas (2016) y

procedimiento normado por la NTP 251.011.2014 bajo las condiciones de densidad básica.

$$Dm = \frac{1}{MCH + \frac{1}{1.53}} = \frac{1}{\frac{Ps - Pa}{Pa} + \frac{1}{1.53}}$$

Donde:

Dm = densidad básica de la madera (g cm⁻³); MCH= máximo contenido de humedad, Ps= peso saturado (g); Pa= peso anhidro (g), 1.53= constante de la densidad de la madera.

f. Calculo de biomasa aérea del fuste.

- Biomasa aérea arbórea y arbustiva

Para obtener datos de biomasa se aplicó la siguiente formula recomendada por Brown (1997); MINAM (2015) y Quiceno et al. (2016).

$$B arb = \frac{V \times \delta}{1000 Kg} \times fe$$

Dónde:

B arb = Biomasa (t); V= volumen (m³); δ = Densidad básica de la madera (kg/m³); fe= factor de expansión (Latifoliados 1.6, conifera 1.4)

Continuamente la cantidad de biomasa fue ubicada de acuerdo al rango de la medición de diámetro normalizado en las especies forestales, para facilitar el análisis.

Tabla 2

Rango de diámetro fustal

Clasificación	I	II	III	IV	V	VI	VII
Rango de diámetro fustal (cm)	1 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70

3.5.2. Cantidad de captura de CO₂

- a. Cálculo del porcentaje de carbono orgánico: Para determinar el carbono almacenado se realizó por el método Walkley & Black (1934) en laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano, siguiendo el procedimiento sugerido por Kalra & Maynard (1991) (Anexo 3). En muestras recolectadas (fuste, hojas y ramas) rotuladas e identificadas para cada especie (Aranda et al., 2018).

$$\% \text{ MO} = M * \frac{1.724 * 0.4 * Nsfa * (Vb - Vm)}{p}$$
$$\% \text{ C} = 1.724 * \% \text{ MO}$$

Dónde: MO= Materia orgánica, M= molaridad de la solución, Vb = volumen de Sal de Mohr requerida para el blanco (mL); Vm = volumen de Sal de Mohr requeridos para la muestra (mL); Nsfa = normalidad de la solución ferrosa amoniacal o Sal de Mohr (4/Vb); P = peso de la muestra en gramos (g).

- b. Cálculo de carbono total almacenado en fuste: En este cálculo la cantidad de carbono se multiplicó por el factor de conversión propuesta por el IPCC (2003) aplicado en investigaciones forestales (Díaz et al., 2007; Nowak et al., 2002; Rodríguez et al., 2016).

$$CT = BT * \%C$$

Dónde:

CT= Carbono total en toneladas (tC); BT= Biomasa total de árboles/arbustos;
%C= porcentaje de carbono orgánico

- c. Calculo de CO₂ capturado: Para la estimación de la captura de CO₂ se seguirá fórmulas utilizadas propuestas por IPCC (2003) y Rodriguez & Pratt (1998).

$$CO_2 = CT * Kr$$

Dónde:

CO₂ = Dióxido de carbono capturado en toneladas (tCO₂); CT= Carbono en toneladas (tC); Kr= Factor de conversión 3,667 (relación de pesos moleculares de CO₂ y C, es decir CO₂/C: $\frac{44}{12}$).

3.5.3. Relación de Pearson

Se procesó datos de las variables de biomasa aérea y captura de CO₂ en el programa *InfoStat*, ejecutando y determinando el grado de correlación existente entre ambas variables.

3.6. Variables de investigación

En la tabla 3 muestra la operacionalización de variables, definición operacional, técnica, instrumentos, indicadores e índices.

Tabla 3

Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICION OPERACIONAL	TÉCNICA	INSTRUMENTO	INDICADORES	ÍNDICES
a. VARIABLE INDEPENDIENTE					
- Biomasa aérea	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento técnico, analítico y metódico para la determinación de densidad básica y biomasa aérea 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis en laboratorio, Medición y observación directa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Método de desplazamiento volumétrico. • Alometría 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de biomasa 	<ul style="list-style-type: none"> • tn
b. VARIABLE DEPENDIENTE					
- Captura de CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento técnico analítico para determinar la concentración de C orgánico, para obtener la cantidad de CO₂ capturado 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis en Laboratorio, Cálculo y observación directa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis volumétrico (titulación) y Cálculo (factor de conversión) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidades de captura de CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> • tn CO₂

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Biomasa aérea de las especies forestales arbóreas y arbustivas

4.1.1. Relación de biomasa aérea y diámetro fustal

Tabla 4

ANOVA para pruebas de biomasa aerea para diametro fustal

ANOVA			CORRELACION PEARSON
n	Grado de libertad	(p)	r(pearson)
151	6	0.0001	0.931

En la tabla 4, se presenta resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la biomasa aérea y diámetro fustal, se observa que p (0.0001) es menor que $p = 0.05$, determinándose que existe diferencias significativas en la producción de biomasa con la clase diamétrica (diámetro fustal). Por otro lado, la correlación de Pearson el valor de 0.931 indica que el 93.1 por ciento de la clase diamétrica del fuste de los árboles y arbustos, está influenciado por la biomasa aérea contenida en las mismas (dependencia directa); es decir, que a mayor biomasa aérea, mayor clase diamétrica o fustal (Cabudivo, 2017). Confirmando lo antes mencionado por Gayoso & Guerra, (2005) que el 71.35 por ciento de biomasa es representado por el fuste. Quedando claro la confiabilidad del uso del diámetro fustal en representación de la biomasa aérea.

Tabla 5

Densidad básica de la madera en especies forestales

DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA EN ESPECIES FORESTALES						
	<i>Cassia hookeriana</i>	<i>Cupressus macrocarpa</i>	<i>Cytisus canariensis</i>	<i>Pinus radiata</i>	<i>Polylepis incana</i>	<i>Salix babylonica</i>
Zona urbana	0.46±0.08	0.51±0.02	0.61±0.04	0.49±0.04	0.43±0.03	0.40±0.01
Zona control	0.41±0.00	0.43±0.02	0.59±0.00	0.48±0.02	0.46±0.04	0.36±18.0

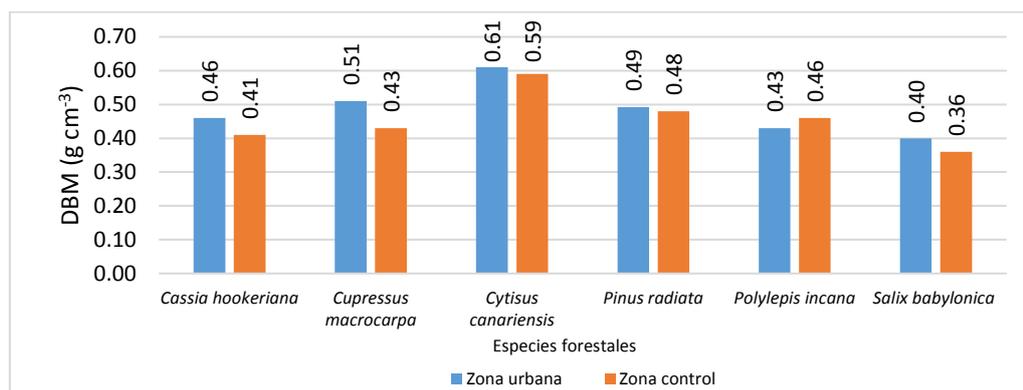


Figura 2. Densidad básica de la madera en especies forestales.

En la tabla 5 y figura 3, se observan valores de densidad básica de la madera obtenidos de zonas urbanas, comparados con sus zonas de control; en donde la especie con mayor densidad promedio fue el *C. canariensis* (L) O. Kuntze con $0.61 \pm 0.04 \text{ g cm}^{-3}$ en zonas urbanas, siendo mayor que en las zonas de control con $0.59 \pm 0.00 \text{ g cm}^{-3}$; sin embargo, Zanne et al. (2009) presentan valores de 0.620 g cm^{-3} , manteniendo los resultados de estudio. La especie con menor valor promedio de densidad básica de la madera fue *S. babylonica* L con $40 \pm 0.01 \text{ g cm}^{-3}$ en zonas urbanas; pero, en zonas de control se reportó valores menores que las urbanas $0.36 \pm 18.0 \text{ g cm}^{-3}$, para este caso la desviación es ligeramente alta puesto a que se tomaron muestras de diferentes distritos (Moho y Juliaca), pisos altitudinales y condiciones de humedad diferentes, por otro lado Chamorro y Falconi (2019) en Huancayo reportaron una densidad para la misma especie de 0.296 g cm^{-3} , siendo los valores obtenidos del presente estudio por encima de lo reportado por el autor

y coincidiendo con los valores de Cobas et al. (2014) con densidades de 0.41 g cm^{-3}

Para el resto de las especies en caso del *P. radiata* D. Don no existió variación significativa de la densidad en ambas zonas (0.49 ± 0.04 y $0.48 \pm 0.02 \text{ g cm}^{-3}$) para ello Chamorro & Falconi (2019) reportan valores de 0.42 g cm^{-3} , por otro lado Cargua, Rodríguez, Recalde, & Vinueza (2014), en su estudio de cuantificación del contenido de carbono en *P. radiata* D. Don se utilizó una densidad de 0.54 g cm^{-3} . La especie *C. hookeriana* Gill, en zona urbana ($0.46 \pm 0.08 \text{ g cm}^{-3}$) y control ($0.41 \pm 0.00 \text{ g cm}^{-3}$) se encuentran entre valores del género de 0.5 g cm^{-3} reportados por Zanne et al. (2009). Para *C. macrocarpa* Hartw, Chamorro & Falconi (2019) reportan 0.36 g cm^{-3} y Zanne et al. (2009) reporta una densidad de 0.40 g cm^{-3} . En caso del *P. incana* HBK (0.43 g cm^{-3}) es aproximada con MAE (2014) con 0.47 g cm^{-3} .

4.1.2. Estimación de biomasa aérea

Tabla 6

Biomasa aérea

Diámetro fustal (cm)	BIOMASA AEREA (t)					
	Zona urbana (U)			Zona de control (C)		
	N° individuos	Total (U)	Promedio (U)	N° individuos	Total (C)	Promedio (C)
01 - 10	32	0.4	0.01	1	0.01	0.01
11 - 20	73	2.8	0.04	9	0.5	0.1
21 - 30	17	2.2	0.1	1	0.1	0.1
31 - 40	12	2.8	0.2	2	0.9	0.5
41 - 50	10	3.7	0.4	1	1.0	1.0
51 - 60	6	3.6	0.6	3	3.1	1.0
61 - 70	1	0.8	0.8	1	2.0	2.0
TOTAL	151	16.3 t		18	7.6 t	

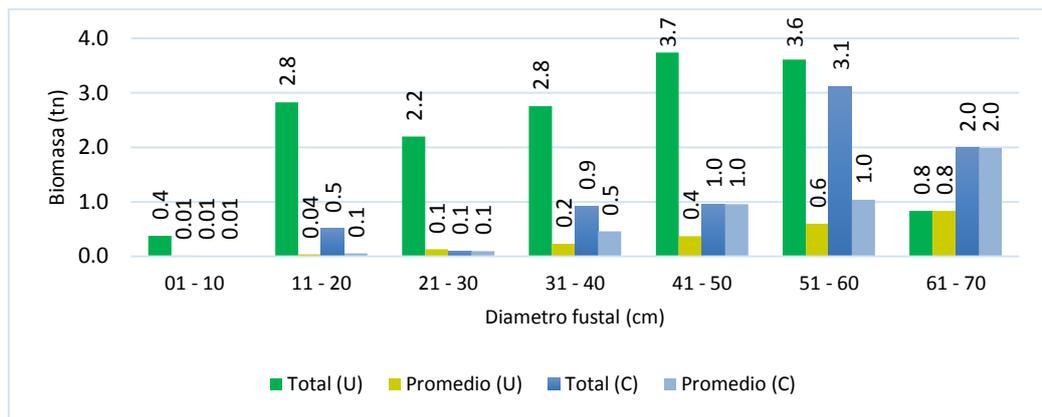


Figura 3. Biomasa aérea por diámetro fustal.

En la tabla 6 y en la figura 4, se muestran valores de la cantidad de biomasa aérea representados por diámetro fustal, en zonas urbanas (estudio) y zonas de control (comparación). Con una producción total urbana de 16.3 t de biomasa aérea y con un total de 7.6 t de biomasa en zonas de control. La menor producción de biomasa promedio en zonas urbanas y zona de control comprende en la clase diamétrica de 1 – 10 cm con 0.01 t equivalente a un total de 0.4 t en 32 individuos de las zonas urbanas y con 0.01 t en total en zonas de control puesto a que se encontró solo 1 individuo de control en este rango diametral. Y la mayor producción de biomasa promedio, comprende entre las clases diamétricas de 61 – 70 cm con 0.8 t en zonas urbanas en 1 individuo forestal y 2.0 t en zonas de control también en 01 individuo. Los valores para diámetros comprendidos entre 11-20 cm de 0.04 de biomasa promedio son relativamente menores a las obtenidas por Cabudivo (2017) en Iquitos quien señala una biomasa aérea promedio de 2.5 t. puesto que difieren en los valores altitudinales y la especie. Las diferencias de biomasa aérea con respecto al de zonas de control también sean a las diferencias altas de edad y ligeramente la altura.

Tabla 7
Biomasa total por zona

BIOMASA TOTAL POR ZONA (tC)		
Zona Urbana	- Autop. H. del pacífico	3.6
	- Av. Huancané	2.4
	- Autop. M. del 4 de noviembre	0.7
	- Av. Tacna	3.3
	- Av.Circun. Este y Av. San Martín	6.06
	- Av.Circun. Oeste	0.12
Zona Control	- Vivero forestal de Juliaca	0.16
	- Distrito de Moho	0.35
	- Vivero forestal de San Juan de Potojani (SJP)	7.1

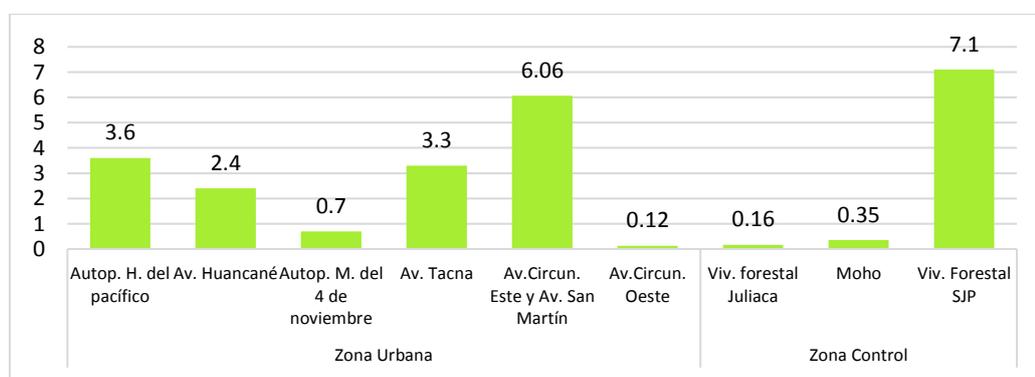


Figura 4. Biomasa total por zona

En la tabla 7 y la figura 5, se muestran datos de la cantidad de biomasa total distribuida en diversas avenidas y en la zona de control. La mayor producción de biomasa en zona urbana fue el tramo Av. Circunvalación este con Av. San Martín (entrada terminal terrestre) con 6.06 t, debido a la presencia de *P. radiata* D. Don en edad adulta, con buen diámetro de copa y fuste de diámetro considerable, *C. hookeriana* Gill y *S. babilónica* L. De igual manera en la Autopista Héroes del Pacífico con 3.6 t producida solo por *P. radiata* D. Don en edad adulta, buenas condiciones alométricas y fitosanitarias. La menor producción y deficiencia de biomasa fue en el tramo de Circunvalación oeste con 0.12 t de biomasa aérea,

puesto a que el sitio de plantación no presentan buenas condiciones de mantenimiento del área verde (sequia), en comparación con la Autopista Héroes del Pacifico, a pesar de encontrarse en la misma zona altitudinal, Siltanen *et al*, citado por Mansilla (2002), menciona que la variación de la biomasa se da incluso entre parcelas de bosque heterogéneos, el caso podría asimilarse a la presente investigación puesto que no todos los tramos (avenidas) cuentan con los mismos beneficios de gestión y mantenimiento técnico forestal.

Tabla 8

Biomasa por especie forestal

BIOMASA POR ESPECIE FORESTAL				
Especie forestal	Zona urbana (U)		Zona de control (c)	
	Total (U)	Promedio (U)	Total (C)	Promedio (C)
<i>Cassia hookeriana</i>	0.7	0.04	0.2	0.1
<i>Cupressus macrocarpa</i>	2.4	0.1	3.6	1.2
<i>Cytisus canariensis</i>	0.5	0.01	0.1	0.04
<i>Pinus radiata</i>	11.5	0.3	3.1	1.0
<i>Polylepis incana</i>	0.3	0.02	0.2	0.1
<i>Salix babylonica</i>	0.9	0.1	0.4	0.1

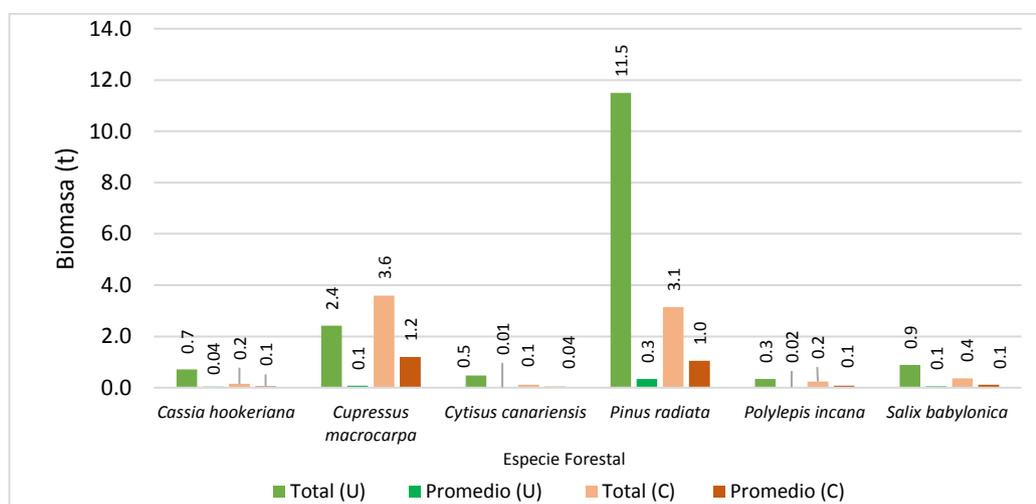


Figura 5. Biomasa por especie forestal

En la tabla 8 y la figura 6, muestran datos de la cantidad de biomasa por especie forestal en la zona urbana y zona de control. La menor producción de biomasa

promedio en zona urbana es la *C. canariensis* (L) O. Kuntze con 0.01 t equivalente a un total de 0.5 t y de la misma manera el *C. canariensis* (L) O. Kuntze en zona de control con 0.04 t equivalente a un total de 0.1 t. Las cantidades menores, se debe a que mayoría de las plantaciones son podadas en un aproximado de más del 10 por ciento de su biomasa total, con fines estéticos.

La mayor producción de biomasa promedio en zonas urbanas fue representada por el *P. radiata* D. DON con 0.3 t equivalente a 11.5 t de biomasa total; en zonas de control fue representada por el *C. macrocarpa* Hartw con 1.2 t equivalente a 3.6 t. Los valores obtenidos en la presente investigación son relativamente similares y mayores a las obtenidas por Chamorro & Falconi (2019) quienes reportaron cantidades de 0.32 t de biomasa aérea promedio para *P. radiata* D. DON; en caso de *C. macrocarpa* Hartw con 0.13 t de biomasa promedio, para *P. incana* HBK con 0.03 t de biomasa promedio; para *S. babylonica* L con 0.06 t de biomasa promedio.

4.2. Captura de CO₂ en la biomasa aérea de las especies forestales

4.2.1. Análisis de Carbono orgánico (porcentaje)

Tabla 9

ANOVA para el variable porcentaje de C orgánico

		N	gl	R2	P(valor)
Por especie forestal	Individuos urbanos y control	72	5	0.49	0.006
Por lugar / zona de plantación	Individuos urbanos y control	72	1	0.5	0.002

Los resultados del contenido del carbono orgánico expresado en “por ciento” de biomasa aérea anhidro (anexo 7) varió entre 40.39 por ciento y 59.54 por ciento con una media simple de 47±4.9 por ciento en individuos forestales urbanos, en comparación las zonas de control (anexo 8) con 37.67 por ciento y 52.14 por ciento con una media simple de 43.73±4.2 por ciento, siendo relativamente menor

que los árboles y arbustos urbanos. Según la tabla 9, se observa que el valor p (0.006) es menor que $\alpha=0.05$ determinándose una diferencia significativa en la variación del porcentaje de C en individuos forestales urbanos y control por especie forestal. Por otro lado, también se observa valores p (0.002), determinando una diferencia significativa por zona de plantación (influencia actividad antropogénica). De acuerdo a los resultados, Gayoso y Guerra (2005) en su estudio de contenido de carbono en biomasa aérea, demostraron que las variaciones de porcentaje de C, resultó ser mayor por especie forestal que por tejido del árbol. Cubero y Rojas 1999 citado por Gayoso & Guerra (2005) en su estudio de fijación de carbono, menciona que zonas de plantación de buena calidad y la edad de los individuos, influyen en el contenido de porcentaje de C.

La especie con menor cantidad de carbono orgánico en zonas urbanas fue el *C. canariensis* (L) O. Kuntze, con 44.12 por ciento de C, puesto a que en algunos individuos de la muestra, se encontraban en fase de desarrollo (latizal), el manejo técnico (poda y mantenimiento general) también son posibles influyentes en su contenido de C, Francis (2000), evaluó bosques secundarios en condiciones de latizal en 20 especies obteniendo porcentaje de C entre 45 y 55.4 por ciento, las cuales son cifras próximas a resultados obtenidos; el mayor porcentaje de C promedio fue el *P. radiata* D. Don (51.58 porcentaje de C), Kurbanov (2000) citado por Gayoso & Guerra (2005), reportó un amplio rango de porcentaje de C de entre 47 y 58 por ciento para el *P. silvetris*, manteniendo los valores similares reportados por el autor para especies del género *Pinus*.

En zonas de control la menor fue *C. hookeriana* Gill a pesar de cumplir con las condiciones de estudio, presento bajos niveles debido a que se ubicaba en un vivero forestal, sin estar expuesto a condiciones ambientales de contaminación extrema y la mayor fue *P. radiata* D. Don (47.48 por ciento de C).

4.2.2. Cálculo de Carbono total

Tabla 10

Stock de Carbono total en biomasa aérea.

STOCK DE CARBONO TOTAL EN BIOMASA AÉREA (tC)						
Diámetro fustal (cm)	URBANO (U)			CONTROL (C)		
	N° individuos	Total	Promedio	N° individuos	Total	Promedio
01 - 10	32	0.17	0.005	1	0.003	0.003
11 - 20	73	1.34	0.02	9	0.22	0.02
21 - 30	17	1.07	0.06	1	0.04	0.039
31 - 40	12	1.42	0.12	2	0.41	0.21
41 - 50	10	1.74	0.17	1	0.48	0.48
51 - 60	6	2.15	0.36	3	1.54	0.51
61 - 70	1	0.42	0.42	1	0.81	0.81
TOTAL	151	8.31 t		18	3.49 t	

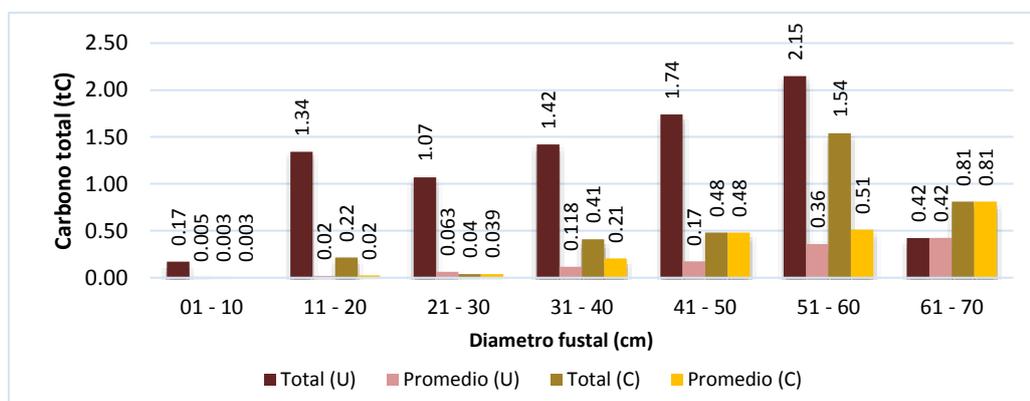


Figura 6. Stock de Carbono total en biomasa aérea

En la tabla 10 y figura 7, se presentan valores de stock de carbono total en biomasa aérea representados por el diámetro fustal; la mayores concentraciones de carbono total (CT) promedio en arboles urbanos, se evidenció en biomasa que se encuentran en diámetros de entre 61 – 70 cm con una cantidad promedio de 0.42 tC; de la misma manera, en individuos forestales de control con una cantidad promedio de 0.81 tC. Sin embargo, los valores menores promedios en individuos forestales urbanos y de control resultaron en biomasa con diámetros de 01–10 cm con 0.005 tC y 0.003 tC respectivamente.

Tabla 11

Stock de carbono total en biomasa aérea por zona

STOCK DE CARBONO TOTAL EN BIOMASA POR ZONA (tC)			
Zona Urbana	- Autop. H. del pacífico	1.9	
	- Av. Huancané	1.2	
	- Autop. M. del 4 de noviembre	0.4	Total
	- Av. Tacna	1.67	8.3 tC
	- Av.Circun. Este y Av. San Martín	3.09	
	- Av.Circun. Oeste	0.06	
Zona Control	- Viv. forestal Juliaca	0.06	Total
	- Moho	0.2	3.5 tC
	- Viv. Forestal SJP	3.3	

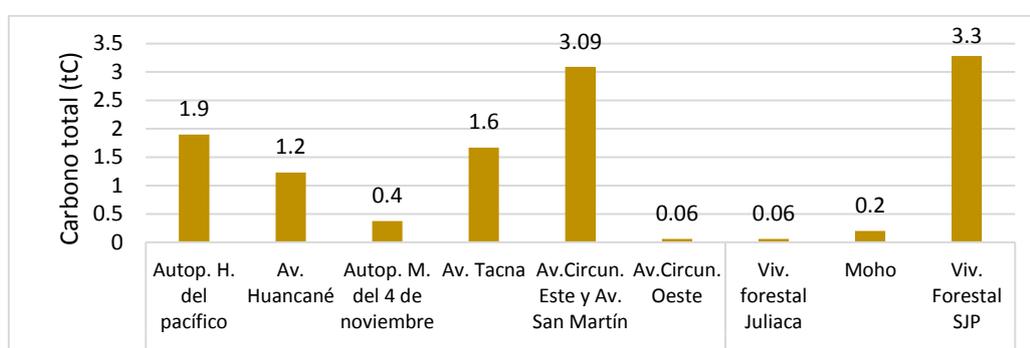


Figura 7. Stock de carbono total en biomasa aérea por zona

En la tabla 11 y figura 8, de la misma manera se puede observar las cantidades de carbono total (CT) en la biomasa aérea, diferenciadas de zonas urbanas y de control, conteniendo las mayores cantidades de CT en plantaciones en el tramo de la Av. Circunvalación y Av. San Martín (entrada Terminal terrestre) y en el tramo de la Autopista Héroes del Pacifico. En zonas de control con mayores cantidades de CT fue en el Vivero forestal de San Juan de Potojani, los resultados en parte fueron influidos por el número de individuos estudiados en el lugar.

Tabla 12
Stock de carbono total por especie forestal

CARBONO TOTAL POR ESPECIE FORESTAL (tC)				
Especie forestal	ZONA URBANA (U)		ZONA DE CONTROL (U)	
	Total	Promedio	Total	Promedio
<i>Cassia hookeriana</i>	0.32	0.02	0.06	0.02
<i>Cupressus macrocarpa</i>	1.22	0.04	1.61	0.54
<i>Cytisus canariensis</i>	0.21	0.01	0.05	0.02
<i>Pinus radiata</i>	5.93	0.17	1.51	0.5
<i>Polylepis incana</i>	0.20	0.001	0.1	0.04
<i>Salix babylonica</i>	0.43	0.03	0.2	0.10

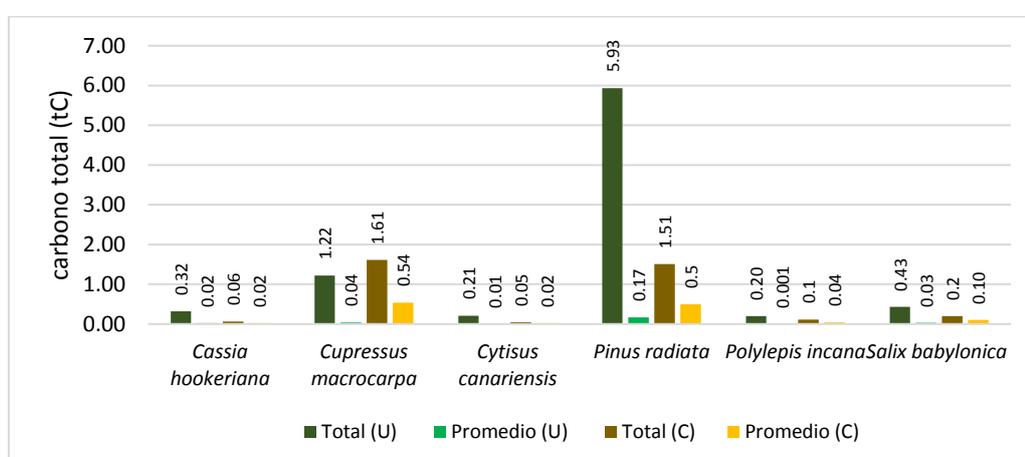


Figura 8. Stock de carbono total por especie forestal

En la tabla 12 y en la figura 9, se presentan valores de las cantidades (total y promedio) de carbono total (CT) contenidas en cada especie forestal, en zonas urbanas y de control. Siendo, los individuos de *P. radiata* D. Don con mayores cantidades medias de carbono total con 0.17 tC equivalente a 5.93 tC en su biomasa aérea comprendidas en zonas urbanas, siendo relativamente menores con las de zona de control (0.5 tC); por otro lado, en zonas de control las cantidad de concentración media de CT en su biomasa aérea fue en la especie *C. macrocarpa* Hartw con 0.54 tC, equivalente a 1.61 tC, siendo relativamente mayores que los datos obtenidos en ciprés urbano (0.04 tC). Por otro lado, Rodríguez et al. (2016) en sus estudios de almacén de carbono total determinaron que los pinos contienen mayor cantidad de biomasa y acumulación de carbono total promedio de 0.7 tC

debido a su mayor desarrollo, valor que se encuentra por encima de los resultados obtenidos en el presente estudio.

4.2.3. Cálculo de Dióxido de carbono (CO₂)

Tabla 13

Cantidades de CO₂ en biomasa aérea

Diámetro fustal (cm)	CANTIDADES DE CO ₂ EN BIOMASA AÉREA (tCO ₂)					
	URBANO (U)			CONTROL (C)		
	N° individuos	Total (U)	Promedio (U)	N° individuos	Total (C)	Promedio (C)
01 - 10	32	0.6	0.02	1	0.01	0.01
11 - 20	73	4.9	0.07	9	0.8	0.1
21 - 30	17	3.9	0.23	1	0.1	0.1
31 - 40	12	5.2	0.43	2	1.5	0.8
41 - 50	10	6.4	0.64	1	1.8	1.8
51 - 60	6	7.9	1.31	3	5.6	1.9
61 - 70	1	1.6	1.55	1	3.0	3.0
TOTAL		30.5 t			12.82 t	

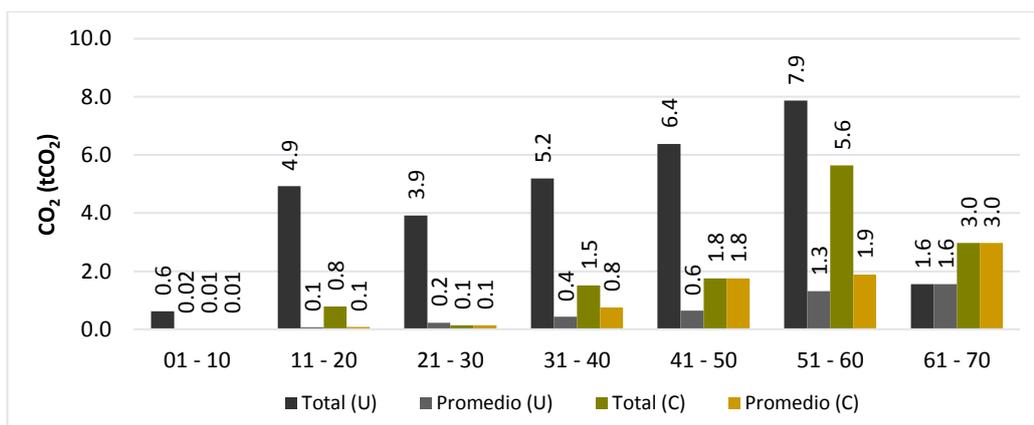


Figura 9. Cantidades de CO₂ biomasa aérea

En la tabla 13 y figura 10, se observan valores de dióxido de carbono (CO₂) concentrados en la biomasa de aérea representados por el diámetro fustal, siendo los valores mayores de concentración media de CO₂ en biomasa con diámetro de fuste de 61–70 cm con 1.55 tCO₂ promedio, equivalente a 7.9 tCO₂ comprendidas en zonas urbanas. Por otro lado en zonas de control, los valores de mayor concentración media de CO₂ fue en los diámetros de 61 – 70 cm con 3.0 tCO₂

equivalente a 3.0 tCO₂ puesto que solo hubo un individuo forestal comprendida en esta clase diamétrica o diámetro fustal. Para el estudio que realizaron Escobedo et al. (2010) en la eficiencia de mitigación en árboles urbanos concluyen que arboles con DAP o diámetros fustales mayores son las que mayor cantidad de CO₂ capturan.

Tabla 14
Captura de CO₂ por zona

CAPTURA DE CO ₂ POR ZONA (tCO ₂)			
Zona Urbana	Autop. H. del pacífico	6.9	Total 30.5 tCO ₂
	Av. Huancané	4.5	
	Autop. M. del 4 de noviembre	1.4	
	Av. Tacna	6.1	
	Av.Circun. Este y Av. San Martín	11.3	
	Av.Circun. Oeste	0.2	
Zona Control	Viv. forestal Juliaca	0.2	Total 12.8tCO ₂
	Moho	0.6	
	Viv. Forestal SJP	12.0	

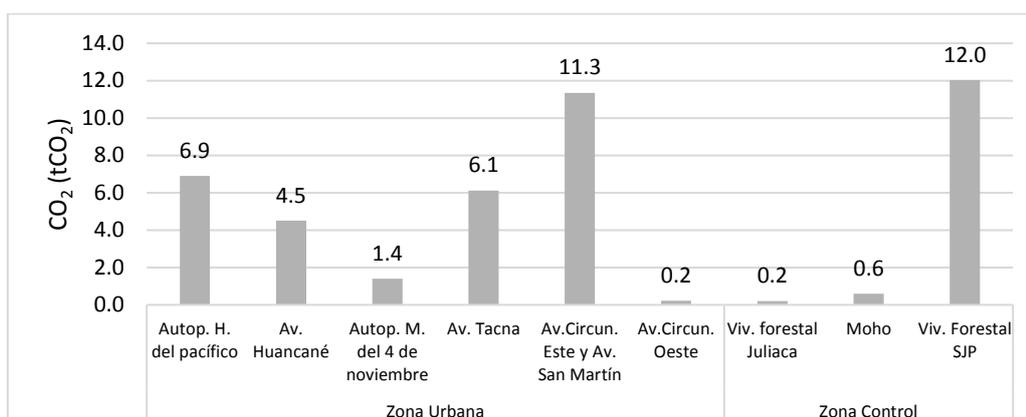


Figura 10. Captura de CO₂ por zona

En la tabla 14 la figura 11, se aprecia que los valores mayores de captura CO₂ por biomasa se encontró en árboles o arbustos que comprenden en los tramos de la Av. circunvalación y Av. San Martín (entrada terminal terrestre) con 11.3 tCO₂ y en la autopista héroes del Pacífico con 6.9 tCO₂. Por otro lado las cantidades mínimas se concentraron en el tramo de la Av. Circunvalación Oeste.

Tabla 15
 Captura de CO₂ por especie forestal

Especies forestal	CAPTURA DE CO ₂ POR ESPECIE			
	ZONA URBANA (U)		ZONA DE CONTROL (C)	
	Total (U)	Promedio (U)	Total (C)	Promedio (C)
<i>Cassia hookeriana</i>	1.2	0.1	0.2	0.07
<i>Cupressus macrocarpa</i>	4.5	0.2	5.9	1.97
<i>Cytisus canariensis</i>	0.8	0.02	0.2	0.06
<i>Pinus radiata</i>	21.7	0.6	5.5	1.80
<i>Polylepis incana</i>	0.6	0.03	0.4	0.13
<i>Salix babylonica</i>	1.6	0.1	0.6	0.20

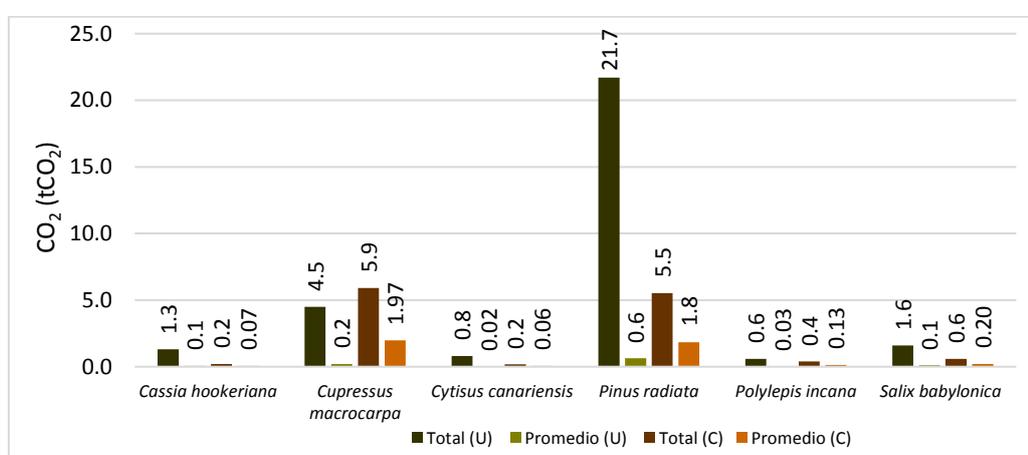


Figura 11. Captura de CO₂ por especie forestal

En la tabla 15 y figura 12, se puede señalar en primer plano que la especie de *Pinus radiata* D. Don y *C. macrocarpa* Hartw fueron las especies con mayor cantidad de captura de CO₂ promedio que contienen en su biomasa con 0.6 tCO₂ y 0.2 tCO₂ respectivamente, en zona urbana; llegando a una media de 1.8 tCO₂ y 1.9 tCO₂ respectivamente en zonas de control. El desarrollo del *P radiata* D. Don está concentrado en el volumen de su copa y por sus hojas siempre verdes, un poco más que en su fuste; características que benefician en la captura de CO₂ según Zanabria & Cuéllar (2015). En un estudio anterior Chamorro & Falconi (2019), reportan datos con media de captura de CO₂ en lugares urbanos para el *P. radiata* D. Don de 0.6 tCO₂ siendo relativamente similares con valores obtenidos

en el presente estudio, sin embargo para las zonas de control en comparación son relativamente mayores.

Mientras que Chamorro & Falconi (2019) para *C. macrocarpa* Hartw registran un promedio de 0.26 tCO₂ capturado siendo relativamente similar al resultados del presente estudio en zonas urbanas, pero los datos de zonas de control son relativamente altos, esta especie se caracteriza por su gran altura, fuste y diámetro regular, su crecimiento es pausado por lo que es una ventaja de captura de CO₂ a largo plazo, al igual que el *Pinus radiata* D. Don sus hojas siempre verdes favorecen en la captura CO₂ medianamente constante en el tiempo.

Y en segundo plano, las especies *C. hookeriana* Gill y *S. babilónica* L con cantidades promedio de captura CO₂ de 0.1 tCO₂ para ambas especies. En caso de *S. babilónica* L, Chamorro & Falconi (2019) registró 0.12 tCO₂, relativamente similares a valores en zonas urbanas (0.1 tCO₂); pero en zonas de control (0.2 tCO₂) tienden a estar por encima de los valores reportados por otros autores. La *C. hookeriana* Gill y el *C. canariensis* (L) O. Kuntze en su condición de arbustos son especies con numerosas ramificaciones, con fustes mayores en edad adulta. La captura de CO₂ tendría a incrementarse en ambas especies, si alcanzarían a mayores alturas y edad, pero por motivos ornamentales de la ciudad, estas tienden a ser podadas, de manera que restringen su crecimiento vertical, reduciendo la biomasa aérea; por lo tanto, limitando la capacidad de captura de CO₂.

La *P. incana* HBK se tuvieron medias de 0.03 tCO₂ en la zona urbana, por debajo de los valore de la zona control (0.13 tCO₂). Para la especie Chamorro & Falconi, (2019) reportaron 0.06 tCO₂, siendo un valor ligeramente mayor de los valores obtenidos en las Q'ènuas urbanas, pero relativamente menores de los valores obtenidos en la zona de comparación del presente estudio. Los valores inferiores para las zonas urbanas es que no desarrollaron cantidades considerables de biomasa a su corta edad y tamaño; puesto que es una especie de lento crecimiento;

pero es con un fuste ramificado, de buen diámetro e irregular, la cual extiende sus ramificaciones multiplicando el área foliar para la mayor captura de concentración de CO₂ en el fuste y otros elementos.

4.3. Correlación entre la cantidad de captura de CO₂ y la biomasa aérea

Tabla 16

Análisis de correlación de Pearson de especies forestales y captura de CO₂

Matriz de correlación	Columna 2 Captura de CO ₂ Urbano	Parámetro estadístico	Columna 3 Captura de CO ₂ Control	Parámetro estadístico
Columna 1				
Especie forestal	r(Pearson)	R²	r(Pearson)	R²
<i>Cassia hookeriana</i>	0.9851	0.9815	0.6667	0.9710
<i>Cupressus macrocarpa</i>	0.9934	0.9900	0.9985	0.9803
<i>Cytisus canariensis</i>	0.9822	0.8391	0.9815	0.9588
<i>Pinus radiata</i>	0.9957	1.0008	0.9972	0.9714
<i>Polylepis incana</i>	0.9718	0.9550	0.9870	0.9952
<i>Salix babylonica</i>	0.9931	0.9584	0.9954	0.9871

En la tabla 16, se muestran la correlación de Pearson en las que la mayoría de las especies estudiadas tienen una alta correlación entre la especie forestal y la captura de CO₂, siendo con mayores relaciones en zonas urbanas el *P. radiata* D. DON con 0.9957 y *C. macrocarpa* Hartw con 0.9985. Por otro lado, las menores correlaciones en zonas urbanas fueron el *P. incana* HBK con 0.9718 y en zonas de control el *C. hookeriana* con 0.6667 en zonas de control.

Tabla 17

Análisis de la correlación de Pearson de las variables biomasa aérea y captura de CO₂

Matriz de correlación	Columna 2 Captura de CO ₂ Urbano	Parámetro estadísticos (determinación)	Columna 3 Captura de CO ₂ Control	Parámetro estadísticos (determinación)
Columna 1				
Biomasa aérea (general)	r(Pearson)	R²	r(Pearson)	R²
Biomasa aérea (clase diamétrica)	0.9798	0.9563	0.9927	0.9551
	0.8979	0.9778	0.9214	0.9811

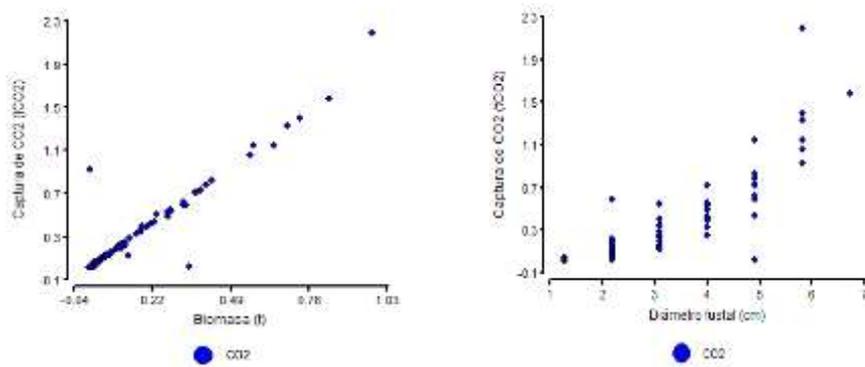


Figura 12. Captura de CO₂ en relación a la biomasa aérea (t) y biomasa aérea por diámetro fustal (cm) en zona urbana.

En la tabla 17 y figura 13, se presentan valores del análisis de correlación de la variable independiente biomasa aérea y biomasa aérea representados por clase diamétrica con respecto a la variable dependiente captura de CO₂; para el primer gráfico teniendo una alta correlación entre la biomasa aérea y la captura de CO₂ con 0.9798 siendo una correlación excelente (anexo 2), expresando que la captura de CO₂ está influenciado en 97.98 por ciento con la biomasa aérea de las especies forestales, representados en el primer gráfico la dispersión de puntos de forma ascendente y positiva, interpretándose que a mayor biomasa aérea mayor captura de dióxido de carbono.

En el segundo gráfico la correlación de la biomasa aérea representados por clase diamétrica con respecto a la captura de CO₂ es de 0.8979 siendo una correlación aceptable (anexo 2); esto expresa que la captura de dióxido de carbono está influenciado en un 89.79 por ciento por la clase diamétrica (fuste).

Con estos resultados se afirma la hipótesis planteada, mayor biomasa aérea, mayor captura de CO₂; mayor clase diamétrica, mayor captura de CO₂. Estos resultados guardan relación con Cabudivo (2017) quien obtiene una correlación alta de 0.978, Escobedo et al. (2010) quien menciona que arboles con mayor diámetro fustal o clase diamétrica, capturan mayor cantidad de carbono.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Las producciones de biomasa aérea en especies arbóreas y arbustivas urbanas fueron de 16.3 t. Siendo mayores en biomasa aérea el *P. radiata* D. Don y *C. macrocarpa* Hartw; en arbustos *C. hookeriana* Gill. La clase diamétrica y la densidad contribuyeron considerablemente en la cantidad de biomasa en los individuos de estudio, constituyéndose un reservorio sustancial de CO₂; a pesar de contener poca biomasa aérea, en especial arbustos, puesto que periódicamente son podadas cantidades considerables de la biomasa total, con fines estéticos.

- Las cantidades de captura de CO₂ por parte de la biomasa aérea es de 30.5 tCO₂ , siendo las cantidades promedio CO₂ en la biomasa aérea del ornato urbano menores a las que presentan los individuos de las zonas de control, puesto a que no solo influye la biomasa contenida; sino, que en estos lugares la regeneración de sus individuos forestales es natural y más eficaz, mientras que en plantaciones forestales urbanas la pérdida de biomasa y sus componentes es alta por las perturbaciones externas antropogénicas, del parque automotor e inadecuado mantenimiento forestal.

- El análisis de correlación de Pearson de la captura de dióxido de CO₂ con respecto a la biomasa aérea, con un coeficiente de $R = 0.979$ siendo una correlación excelente. Siendo similar en la captura de CO₂ con respecto a la biomasa aérea por clase diamétrica con $R = 0.897$ siendo una correlación aceptable. Encontrando diferencias de correlación por especie, consignando el árbol *P radiata* D. Don y el arbusto *C. hookeriana* Gill con mayores correlaciones de captura de CO₂ con $R = 0.99$ y $R = 0.98$

respectivamente, consignándose como altos o excelentes. En este sentido, infiriendo que los cálculos de captura de CO₂ en plantaciones urbanas y en zonas de control son altamente sensibles a los cambios de productividad de biomasa aérea principalmente, a la especie forestal por su fisiología particular y su dinámica de crecimiento.

5.2. Recomendaciones

- Obtener datos propios de la densidad básica de la madera en condiciones climáticas y geográficas del lugar de estudio; puesto que, las densidades generales utilizadas de estudios anteriores de otros lugares no representa confiabilidad en resultados para biomasa; por otro lado, tener precauciones en el uso de densidades a nivel de género o familia puesto que se extiende considerablemente la incertidumbre.
- Continuar con los estudios de captura de CO₂ de la especie *Cassia hookeriana* Gill debido a que no se cuenta con suficiente información y también en otras especies nativas de la localidad; continuando y reforzando la investigación en otros distritos y ciudades comparando su importancia como servicio ambiental. Asimismo desarrollar estudios de investigación en la biomasa radicular y su relación con el almacén de carbono y propiedades del suelo.
- Incluir la forestación fundamentadas en la aportación de servicios ambientales con las especies *C. macrocarpa* Hartw, *S. babylonica* L, *C. hookeriana* Gill y *C. canariensis* (L) O. Kuntze, en la construcción de infraestructuras urbanas, lugares destinados a áreas verdes, aceras, avenidas inauguradas o parques en estado de abandono que comprenden dentro de las urbes, aprovechando la capacidad de sumidero de CO₂, sus características ornamentales, crecimiento rápido, también porque no requieren mantenimiento y cuidados técnicos exigentes. Y en zonas periurbanas se recomienda la forestación de *P. radiata* D. Don por su valor y alta capacidad fijadora de CO₂ y por su raíz de crecimiento vertical, evitando la invasión en aceras, tuberías sanitarias, infraestructuras viales y pavimentos.

- Promover programas de inversión forestal urbana financiados por el gobierno; fundamentados en servicios ambientales, considerando no solo una inversión social; sino, generando a largo plazo divisas para la municipalidad, mediante la compra de bonos de carbono. Sin desvincularnos de la visión de una ciudad más planificada, cómodo y atractiva.
- Implementar, formular y desarrollar un Plan regional o local de reforestación y arborización para la región de Puno con proyección a 10 años, constituyendo un instrumento de gestión ambiental como herramienta técnica para la orientación e incentivo a las plantaciones con fines de captura de carbono y aprovechamiento de sus múltiples servicios; promoviendo la interacción y participación de ciudadanos, como también inversionistas interesados por medio de convenios regionales y/o municipales; llevándose a cabo con seriedad por medio de profesionales involucrados en la gestión, manejo, ejecución y seguimiento de dicho instrumento.
- Integrar podas menos agresivas y específicas en caso lo requiera las plantaciones urbanas, como la poda de saneamiento, evitando reducir la menor cantidad de biomasa.
- Se recomienda el cuidado del arbolado urbano, puesto que no siempre es responsabilidad exclusiva y plena de organismos o instituciones. En ocasiones, la sociedad civil puede ejercer la competencia decisiva para actividades de reforestación promoviendo la conciencia pública y ambiental, en contribución con ONGs, municipios o gobiernos regionales.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abrahamson, I. (2003). Fire Effects Information System (FEIS). Retrieved August 21, 2019, from <http://www.feis-crs.org/feis/>
- Alpizar, W. (1997). *Caso para explicar los pormenores en la cuantificación de carbono en proyectos forestales, utilizando para ello las normas IPCC y la SGS*. Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC). Versión en mimeógrafo.
- Álvarez, M., Arias, A., Lorenzo, M., & Serrallé, F. (2017). Education for sustainability: global change and ocean acidification. *Formación Universitaria*, 10(2), 89–102. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000200010>
- Aranda, R., Ley de Coss, A., Arce, C., Pinto, R., Guevera, F., & Raj, D. (2018). Carbon sequestration in aerial biomass of the oil palm in Chiapas, Mexico. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 629. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.32076>
- Barrionuevo, S., & Pan, E. (2009). Evaluation of CO₂ storage in native forest vegetation Santiago del Estero (Argentina): bases for conservation of forests in regeneration. *Foresta Veracruzana*, 11(2), 1–10.
- Bencardino, C. M. (2012). *Estadística y muestreo*. (A. Acosta, Ed.) (ECOEdici). Bogotá.
- Brown, S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forests, 134. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e00.htm>
- Brown, S., & Lugo, A. (1984). Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volumes. *Science (New York)*, 2. <https://doi.org/10.1126/science.223.4642.1290>
- Cabrera, J., Martínez, F., & Granada, L. (2007). *Producción de Cedro limón Cupressus macrocarpa Goldcrest en Morelos*. Mexico.
- Cabudivo, K. (2017). *Secuestro de CO₂ y producción de oxígeno en árboles urbanos de la Av. Abelardo Quiñones - distrito San Juan Bautista, Loreto - Perú, 2016*. Universidad Nacional de la Amazonia del Perú.

- Callo, D. (2001). Cuantificación del carbono secuestrado por algunos SAFs y testigos, en tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú. *Campus Montecillo*, 19–31. <https://doi.org/10.1080/0141987002003670>
- Cancino, J. (2012). *Dendrometria Basica*.
- Cargua, F., Rodríguez, M., Recalde, C., & Vinuesa, L. (2014). Quantification of carbon in a forest plantation of Pine insignis (*Pinus radiata*) and moor stratum of low ozogoches, Sangay National Park, Ecuador. *Informacion Tecnologica*, 25(3), 83–92. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300011>
- Chambi, P. (2001). Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicado a la zona boscosa del Río Inambari y Madre de Dios. In *Simposio Internacional Medicion y Monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales 18-20 de octubre del 2001* (pp. 1–20). Chile.
- Chamorro, M., & Falconi, S. (2019). *Potencial de secuestro de carbono por los árboles en los parques urbanos de los Distritos de El Tambo, Huancayo y Chilca*. Universidad Nacional del Centro del Peru.
- CMNUCC. (1992). *Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. New York. <https://doi.org/FCCC/INFORMAL/84>. GE.05-62301 (S) 220705 220705
- Cobas, A. C., Area, M. C., & Monteoliva, S. (2014). Patterns of variation of wood density and cellular morphometry in (*Salix babylonica*) for determining the age of transition between juvenile and mature wood. *Maderas: Ciencia y Tecnologia*, 16(3), 343–354. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2014005000027>
- CONAFOR Comision Nacional Forestal. (2010). *Pinus radiata*. Mexico: SIRE - Paquetes Tecnológicos.
- Cruz, I. (2016). *CO2 emissions in urban households. The case of the federal district. Estudios Demográficos y Urbanos* (Vol. 31).
- De la Cerda, M. (2000). Alamos y sauces del estado de Aguascalientes. *Investigacion y Ciencia*, 17–24.

- Díaz, R., Acosta, M., Carrillo, F., Buendía, E., Flores, E., & Etchevers, J. (2007). Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl. et Cham. *Madera y Bosques*, 13(1), 25–34.
- Dobbs, C., Hernández, J., & Escobedo, F. (2011). Above ground biomass and leaf area models based on a non destructive method for urban trees of two communes in Central Chile. *Bosque*, 32(3), 287–296. <https://doi.org/10.4067/s0717-92002011000300010>
- Douterlungne, D., Herrera, A., Ferguson, B., Siddique, I., & Soto, L. (2013). Allometric equations used to estimate biomass and carbon in four neotropical tree species with restoration potencial. *Agrociencia*, 47(4), 385–397.
- Dwyer, J., McPherson, G., Schroeder, W., & Rowntree, A. (1992). Assessing the Benefits and Costs of ITS. *Arboriculture*, 18(5), 227–234. <https://doi.org/10.1007/b109228>
- Elicriso. (2018). *Elicriso revista sobre el entorno y la naturaleza*. Retrieved from https://www.elicriso.it/es/como_cultivar/cytisus/
- Escobedo, F., Varela, S., Zhao, M., Wagner, J., & Zipperer, W. (2010). Analyzing the efficacy of subtropical urban forests in offsetting carbon emissions from cities. *Environmental Science and Policy*, 13, 362–372. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.03.009>
- Estenssoro, F. (2010). Crisis ambiental y cambio climático en la política global: Un tema crecientemente complejo para América latina. *Universum*, 25(2), 57–77. <https://doi.org/10.4067/S0718-23762010000200005>
- FAO Food and Agriculture Organization. (2003). Diseño de muestreo. In *Guía para encuestas de demanda, oferta y abastecimiento de combustible de madera*. Roma, Italia. Retrieved from <http://www.fao.org/3/AC693S/AC693s00.htm#TopOfPage>
- FAO Food and Agriculture Organization. (2004). *Inventario forestal nacional manual de campo modelo*. Guatemala. Retrieved from www.fao.org/forestry
- Flores, M. (2017). *Captura de dióxido de carbono CO2 en la "Chillihua" (Festuca dolichophylla Presl) de los pastizales del CIP Illpa-Puno*. Universidad Nacional del

Altiplano, UNAP.

- Flores, N., Mendizabal, L., & Alba, J. (2012). Potential for CO₂ capture and storage in the Valley of Perote. Case study: *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D.K. Bailey. *Foresta Veracruzana*, *14*(1), 17–22.
- Francis, J. K. (2000). Estimating Biomass and Carbon Content of Saplings in Puerto Rican. *Caribbean Journal of Science*, *36*(3–4), 346–354.
- Gaillard, C., Pece, M., Juárez, M., & Acosta, M. (2014). Modelling functions of individual biomass and other dendrometric relations of *Prosopis nigra* in the province of Santiago del Estero, Argentina. *Quebracho*, *22*(1–2), 17–29.
- Gaillard, C., Pece, M., Juárez, M., Vélez, S., Gómez, A., & Zárate, M. (2002). Determinación de funciones para la estimación de biomasa aérea individual en Jarilla (*Larrea divaricata*) de la provincia de Santiago del Estero, Argentina. *Foresta Veracruzana*, *4*(2), 23–28.
- Gayoso, J., & Guerra, J. (2005). Carbon content in the above-ground biomass of evergreen forest in Chile. *Revista Bosque*, *26*, 33–38.
- Giraldo, D., Nieto, V. M., Sarmiento, M., & Borralho, N. (2014). Indirect estimation of wood density for selection of *Eucalyptus pellita* F. Muell. clones using pilodyn. *Colombia Forestal*, *17*(2), 181–192.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a04>
- Gómez, H., Pinto, R., Guevara, F., & Gonzalez, A. (2010). Estimaciones de biomasa aérea y carbono almacenado en *Gliricidia sepium* (lam.) y *Leucaena leucocephala* (jacq.) y su aplicación en sistemas silvopastoriles. *Informacion Tecnica Economica Agraria*, *106*(4), 256–270.
- Gratani, L., Catoni, R., Puglielli, G., Varone, L., Crescente, M., Sangiorgio, S., & Lucchetta, F. (2016). Carbon dioxide (CO₂) sequestration and air temperature amelioration provided by urban parks in Rome. *Energy Procedia*, *101*, 408–415. Retrieved from <https://pdf.sciencedirectassets.com/277910/1-s2.0-S1876610216X00173/1-s2.0->

S1876610216312619/main.pdf?x-amz-security-token=FQoGZXIvYXdzEC8aDGZwEUa%252FgF2BWiketSK3AwawBismu651XYbueGOheE2biitxkGiL71ATOM64g%252FHjxSdD%252BkYrQXfFjvhryMTqphC3ORTqU%252BD59PP7m

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta edic). Mexico: Mc Graw Hill. Retrieved from www.elosopanda.com%7Cjamespoetrodriguez.com

Houghton, J., Ding, Y., Griggs, D., Nogueira, M., Van der Linden, P., Dai, X., ... Johnson, C. (2001). *The scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* (No. 3). New York.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. (2000). *Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)*. Retrieved from <https://unfccc.int/sites/default/files/11-bis-handbook-on-lulucf-sector.pdf>

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. (2003). *Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*. (J. Penman, M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, ... F. Wagner, Eds.) (IPCC). Japan. Retrieved from <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). *Global warming of 1.5 °C. chapter 3: Impacts of 1.5°C of global warming on natural and human systems*. Retrieved from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/11/SR15_Chapter3_Low_Res-1.pdf

Juarez, Y. (2014). *Dasometria*. (Y. Juarez, Ed.). Cochabamba, Bolivia.

Kalra, Y., & Maynard, D. (1991). *Methods manual for forest soil and plant analysis*. Canada: Forestry Canada, Northwest Region, Northern Forestry Centre. Retrieved from http://cfs.nrcan.gc.ca/bookstore_pdfs/11845.pdf

Kirby, K., & Potvin, C. (2007). Variation in carbon storage among tree species: Implications

- for the management of a small-scale carbon sink project. *Forest Ecology and Management*, 208–221. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.072>
- Kurbanov, E. (2000). *Carbon in pine forest ecosystems of middle Zavolgie, Russia. European Forest Institute Internal Report No. 2.*
- López, G. (2015). *Valoracion economica del servicio ambiental de captura de carbono en el fundo Violeta, Madre de Dios.* Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- MacDicken, K. (1997). A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. *Forest Carbon Monitoring Program, Winrock International Institute for Agricultural Development*, (January 1997), 87 pp.
- Madgwick, H. (1973). Biomass and productivity models of forest canopies. En *Analysis of temperate forests ecosystems . Springer Verlag, Berlin, RFA*, 47–53.
- MAE Ministerio del ambiente de Ecuador. (2014). *Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales.* (A. Herdoiza, Ed.). Quito: Tallpa.
- Mansilla, H. A. (2002). Aspectos económicos de la captura de CO₂ en especies nativas: caso bosque de Queuña Qocha en el valle de Ollantaytambo, Cusco, Perú. In *IRG/BIOFOR* (pp. 407–438). Cusco.
- Martínez, A., Sarukhan, J., Perez, A., Rincon, E., Maass, J., Solis, A., & Cervantes, L. (1992). Above-ground phytomass of a tropical deciduous forest on the coast of Jalisco, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 8(1), 87–96.
- Martínez, J., & Fernández, A. (2004). *Cambio climático: una visión desde México.* (C. Godoy, Ed.) (1st ed.). Mexico.
- Maza de la, C., Rodriguez, M., Hernandez, J., Serra, M., Gutierrez, P., Escobedo, F., ... Varnero, M. (2005). La vegetación urbana como un factor en la descontaminación. *Chile Forestal*, 13, 46–49.
- McRoberts, R., Tomppo, E., & Czaplowski, R. (2014). *Sampling designs for national forest assessments. In knowledge reference for national forest assessments.* Retrieved from

<http://www.fao.org/forestry/fma/en/>

- Medina, J. (2010). La dieta del dióxido de carbono CO₂. *Conciencia Tecnológica*, 39, 50–53.
- Méndez, E. (2012). Revision of the genus *Salix* (Salicaceae) in the Province of Mendoza, Argentina. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 44(2), 157–192.
- MINAM Ministerio del Ambiente. (2015). *Guía de inventario de la flora y vegetación*. Perú. Retrieved from www.minam.gob.pe
- Morales, L. (2015). Estado actual del bosque del *Polylepis* y sus eficiencia en la captura de CO₂ en la provincia Tarata, departamento de Tacna. *Revista Ciencia & Desarrollo*, 19, 36–43.
- Najera, J. (1999). *Ecuaciones para estimar biomasa, volumen y crecimiento en biomasa y captura de carbono en diez especies típicas del matorral espinoso tamaulipeco del nordeste de México*. Universidad Autonoma de Nuevo León.
- Navar, J. (2009). Allometric equations and expansion factors for tropical dry forest trees of eastern Sinaloa, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, 45–52.
- Nowak, D. (1996). Estimating Leaf Area and Leaf Biomass of Open-Grown Deciduous Urban Trees. *Forest Science*, 42(4).
- Nowak, D., & Crane, D. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 116, 381–389. Retrieved from https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/2002/ne_2002_nowak_002.pdf
- Nowak, D. J., Greenfield, E. J., Hoehn, R. E., Lapoint, E., Nowak, D. J. ;, Greenfield, E. J. ;, & Hoehn, R. E. ; (2013). Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution*, 178, 229–236. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.019>
- Nowak, David, Crane, D., Stevens, J., & Ibarra, M. (2002). Brooklyn' s Urban Forest. *United States Department of Agriculture*.

- Nowak, David, & Dwyer, J. (2000). Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In Kuser (Ed.), *Handbook of urban and community forestry in the northeast* (Kluwer Aca, pp. 11–25). New York: Plenum. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4191-2_2
- Oliva, M., Culqui, L., Santos, L., Collazos, R., Salas, R., Vásquez, H., & Maicelo, J. (2017). Reserva de carbono en un sistema silvopastoril compuesto de *Pinus patula* y herbáceas nativas. *Scientia Agropecuaria*, 8(2), 149–157. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.02.07>
- OMS Organización Mundial de la Salud. (2003). *Cambio climático y salud humana-Riesgos y respuestas-Resumen OMS OMM PNUMA*. Ginebra, Suiza. Retrieved from <https://www.who.int/globalchange/publications/en/Spanishsummary.pdf>
- OMS Organización Mundial de la Salud. (2018). Cambio climático y salud. Retrieved January 30, 2019, from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cambio-climático-y-salud>
- ONU Organismo de las Naciones Unidas. (2015). *Agenda 2030 y ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Retrieved from https://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ares70d1_es.pdf
- Pardos, J. (2010). *Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global*. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria Ministerio de Ciencia e Innovación. Retrieved from <http://www.060.es>
- Pastor, J., Aber, J., & Melillo, J. (1984). Biomass prediction using generalized allometric regressions for some northeast tree species. *Forest Ecology and Management*, 7(4), 265–274. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(84\)90003-3](https://doi.org/10.1016/0378-1127(84)90003-3)
- PDU. (2017). Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Juliaca (PDU)2016-2025 (Vol. 2, pp. 1–145). Juliaca-San Román: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- Pérez, H., Luccini, E., Herrera, L., Parodi, M., Matar, M., Barrea, L., ... Masramón, E. (2015). Cuantificación de la captura de CO₂ por la flora nativa de totora en un humedal

- costero en Perú. *Energeia*, 13(13), 73–80. Retrieved from http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_All_Topics.pdf
- Petersson, M., Marrero, M., & Taobada, C. (2010). Climatic change and human health. *Revista Médica Electrónica*, 32(4).
- Phillippe, H. (n.d.). ¿Qué son servicios ambientales? Retrieved March 5, 2019, from <https://uc.socioambiental.org/es/print/552329>
- Pinelo, G. I. (2004). *Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo*. (E. Mora, Ed.) (WWF Centro). San Francisco de Dos Ríos, Costa Rica: WWF, PROARCA.
- Pitola, L., Castagnani, L., Feldman, A., & Coronel, S. (2012). Capacidad sumidero de carbono del arbolado urbano de rosario : primera aproximación. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 29, 1–6.
- Pose, M., & Kristensen, M. (2015). La retamilla, una invasora en las sierras de Tandil. *Estudios Ambientales II: Tandil y Área de Influencia - CINEA*, 183–192.
- Pregitzer, K., & Euskirchen, E. (2004). Carbon cycling and storage in world forests: Biome patterns related to forest age. *Global Change Biology*, 10, 2052–2077. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00866.x>
- Protocolo de Kyoto. (1997). *Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. SIGMOD Conference*. <https://doi.org/10.1145/119995.115803>
- Quiceno, N., Tangarife, G., & Álvarez, R. (2016). Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena Piapoco Chiguiro-Chárate de Barrancominas, departamento del Guainía, Colombia. *Luna Azul*, 43(9), 171–202. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.9>
- Reyes de la Barra, J., Ponce, M., Vallejos, O., Daniluk, G., & Coelho, A. (2018). Comparison of four methods of visual risk tree assessment in urban areas. *Colombia Forestal*, 21(2), 161–173. <https://doi.org/10.14483/2256201X.12604>

- Reynel, C. (1988). *Plantas para leña en el sur-occidente de Puno*. (A. Abad, Ed.). Puno.
- Ríos, J. C., Rubilar, R., Cancino, J., Acuña, E., Corral, J. J., Rosales, R., ... Rosales, R. (2018). Densidad básica de la madera y poder calorífico en vástagos de tres cultivos dendroenergéticos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 253–272. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.157>
- Rivas, D. (2006). Evaluación de los recursos forestales. In *Sistemas de producción forestal* (pp. 1–26). Mexico: Universidad Autónoma de Chapingo, Área de Agronomía. Retrieved from http://www.rivasdaniel.com/Articulos/Unidad_II_Evaluacion.pdf
- Rodríguez, A., Guevara, F., Reyes, L., Ovando, J., Nahed, J., & Prado, M. (2016). Estimation of the biomass and stored carbon in community forest of La Frailesca region of Chiapas, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(37), 77–94.
- Rodriguez, J., & Pratt, L. (1998). Potencial de carbono y fijación de dióxido de carbono de la biomasa en pie por encima del suelo en los bosques de Honduras. *Centro Latinoamericano Para La Competividad y El Desarrollo Sostenible*.
- Rosas, M., & Bartorila, M. (2017). Forestation contributions to urban sustainability in tropical cities. Nuevo Amanecer wetland, Ciudad Madero, Mexico. *Nova Scientia*, 9(19), 528–550. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i19.980>
- Sanchez, A. (1993). *Potencialidad agronómica de Leucaena leucocephala en la zona de Aroa y Bajo Tocuyo*. FONAIAP DIVULGA. Venezuela: Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Schlegel, B., Gayoso, J., & Guerra, J. (2001). *Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales*. Proyecto FONDEF D98I1076.
- SENAMHI Servicio Nacional de meteorología e Hidrología. (2018). Datos Meteorológicos. Retrieved February 27, 2019, from <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- SERFOR Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2016). Inventario forestal urbano en la ciudad de Piura - SERFOR. Retrieved February 19, 2019, from <https://www.serfor.gob.pe/semana-forestal/inician-inventario-forestal-urbano-en-la->

ciudad-de-piura

- Silva, F., & Navar, J. (2010). Factores de expansión de biomasa en comunidades forestales templadas del norte de Durango, México. *Rev. Mexicana Científica*, 1(1), 55–62.
- Smith, D. M. (1954). *Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples*. Forest Products Laboratory, Forest Service. U.S. Department of Agriculture.
- Sorensen, M., Barzetti, V., Keipi, K., & Williams, J. (1998). *Manejo de las áreas verdes urbanas*. División de medio Ambiente del Departamento de desarrollo sostenible del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Retrieved from <http://www.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2010/07148es.pdf>
- Synnott, T. (1990). *Manual de procedimientos de parcelas permanentes para el bosque húmedo tropical*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Ugalde L. (1981). *Conceptos basicos de dasometria*.
- Valencia, S., & Vargas, J. (2016). Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera. *Madera y Bosques*, 3(1), 81–87. <https://doi.org/10.21829/myb.1997.311381>
- Vargas, O., & Molina, L. (2014). Arborizaciones urbanas: estrategia para mitigar el calentamiento global. *Nodo*, 8(16), 99–108.
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155–165.
- Vázquez, O., Zamora, E. M., García, E., & Ramírez, J. A. (2015). Specific gravity of wood from two pines and its relation with edaphic properties. *Madera y Bosques*, 21(1), 129–138. Retrieved from <http://myb.ojs.inecol.mx/index.php/myb/article/view/437/596>
- Walkley, A., & Black, I. (1934). An examination of the degtjareff method for determining Soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29–38. <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>

- Yaranga, R., & Custodio, M. (2013). Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos. *Scientia Agropecuaria*, 4, 313–319. Retrieved from <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/445/396>
- Zanabria, R., & Cuéllar, E. (2015). Carbono total almacenado en los depósitos de diferentes sistemas de uso de tierra del ecosistema alto andino, valle del Mantaro, Junín. *Xilema*, 28, 43–52.
- Zanne, A. E., Lopez, G., Coomes, D. A., Janses, J., Lewis, S. L., Swenson, N. G., ... Chave, J. (2009). *Global wood density database*.
- Zavala, W., Merino, E., & Peláez, P. (2018). Influence of three agroforestry systems of cocoa cultivation on carbon capture and storage. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 493–501.

ANEXOS

ANEXO 1. Formulario del inventario

FORMULARIO DE INVENTARIO N°

Nombre del distrito:

Numero de lugar de estudio (avenida/autopista):

Localización:

Fecha Hora de inicio: Hora de término:

N° de árbol o arbusto	Tipo		Especie		Forma de copa	medidas		Estado sanitario
	Arbórea	Arbustiva	Nombre Común	Nombre científico		DAP	Altura total	
1								
2								
...								

Cuadros de Estado Sanitario de Arboles según FAO (2004) y Forma de copa según Synnott (1990)

Estado sanitario	Descripción/definición	Código
Sano	Un árbol está sano cuando no presenta síntomas de enfermedad o presencia de parásitos que tengan algún efecto importante sobre el desarrollo y vitalidad del árbol	1
Ligeramente afectado	Un árbol está sano cuando no presenta síntomas de enfermedad o presencia de parásitos que tengan algún efecto importante sobre el desarrollo y vitalidad del árbol	2
Gravemente afectado	Un árbol está gravemente afectado cuando presenta síntomas de enfermedad o presencia de parásitos que afectan sustancialmente al crecimiento y vitalidad del árbol, sin ser mortal.	3
Árbol muerto o moribundo	Un árbol está muerto cuando ninguna de sus partes vive o está viva (hojas, yemas, cambium) a 1,3 m. o por encima. Un árbol está moribundo si muestra daños que llevarán con seguridad a su muerte. Árbol en pie.	4
Árbol caído muerto o moribundo	Un árbol está muerto cuando ninguna de sus partes está viva (hojas, yemas, cambium) a 1,3 m. o por encima. El diámetro de un árbol caído se mide a la altura del pecho estimada antes de su caída. Un árbol está moribundo si tiene daños que llevarán con seguridad a su muerte. Árbol caído.	5

Forma de la copa	Código
Copa vigorosa, círculo complete o irregular	1
Medio círculo	2
Menos de medio círculo	3
Solo rebrotes o sin copa	4

ANEXO 2. Grado de correlación de Pearson

Según Bencardino, (2012)

- Correlación *perfecta*, $r = 1$ $r = 1$
- Correlación *excelente*, cuando r es mayor de 0.90 y menor de 1 $(-1 < r < -0.90)$
- Correlación *aceptable*, cuando r se encuentra entre 0.80 y 0.90 $(-0.9 < r < -0.8)$
- Correlación *regular*, cuando r se encuentra entre 0.60 y 0.80 $(0.8 < r < -0.6)$
- Correlación *mínima*, cuando r se encuentra entre 0.30 y 0.60 $(-0.6 < r < -0.3)$
- No hay correlación para r menor de 0.30 y mayor a 0 $(-0.3 < r < 0)$

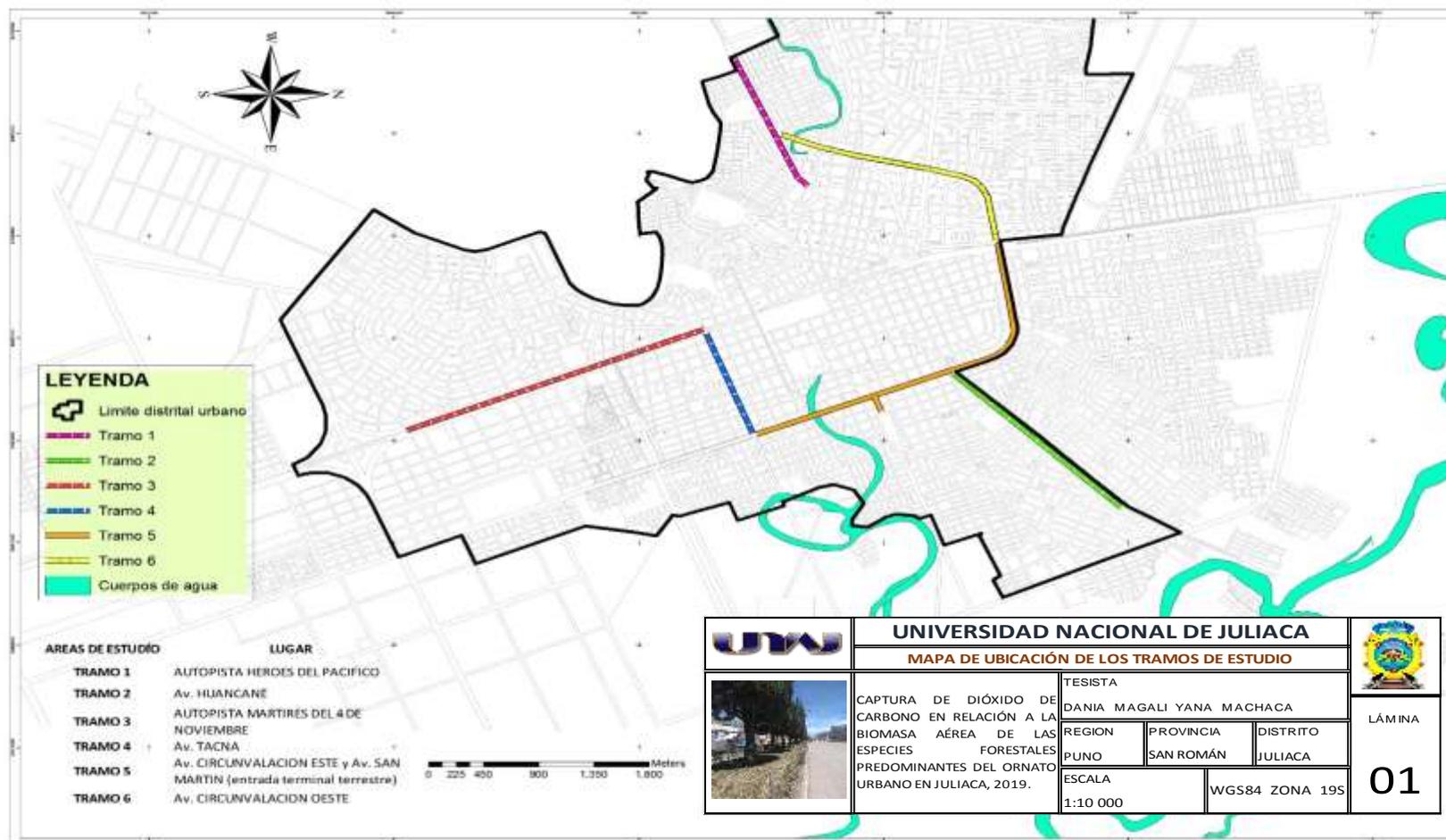
ANEXO 3. Procedimiento de análisis de porcentaje de C Orgánico

PROTOCOLO COMBUSTIÓN HÚMEDA DE WALKLEY & BLACK

Método Walkley & Black (1934) en laboratorio siguiendo el procedimiento sugerido por Kalra & Maynard (1991), se procedió:

1. Disecar las muestras a 75 °C por 48 horas o hasta alcanzar un peso constante, después se procederá a moler, tamizar y conservarlas en sobres de plásticos rotulados e identificados.
2. Para el procedimiento analítico se tomará 0.5-1g de cada una de las muestras molidas, en tubos de ensayo de 125 mL
3. Se le agregará 5 mL de $K_2Cr_2O_7$ 1N y 10 mL de H_2SO_4 al 97-98 por ciento previa rotación suave durante 10 segundos, luego dejando reposar durante 30 minutos.
4. Preparar 1 blanco (sin muestra) con los mismos reactivos ($K_2Cr_2O_7$ y H_2SO_4)
5. Introducir los tubos a la estufa por 15 minutos a 150 °C previamente calentada, al concluir el tiempo sacarlos y dejar enfriar.
6. Trasladar a matraces de Erlenmeyer para su titulación, antes aforando a 50 ml con agua destilada, agregando 2-3 gotas del indicador Difenilamina y $\frac{1}{2}$ cucharadita de NaF. Tornándose la solución ámbar pardo oscuro.
7. Para concluir se titulara con Sal de Morh con la bureta graduada, hasta virar de un color ámbar pardo oscuro a verde brillante.

ANEXO 4. Mapa de distribución de los tramos (avenidas y autopistas de estudio)

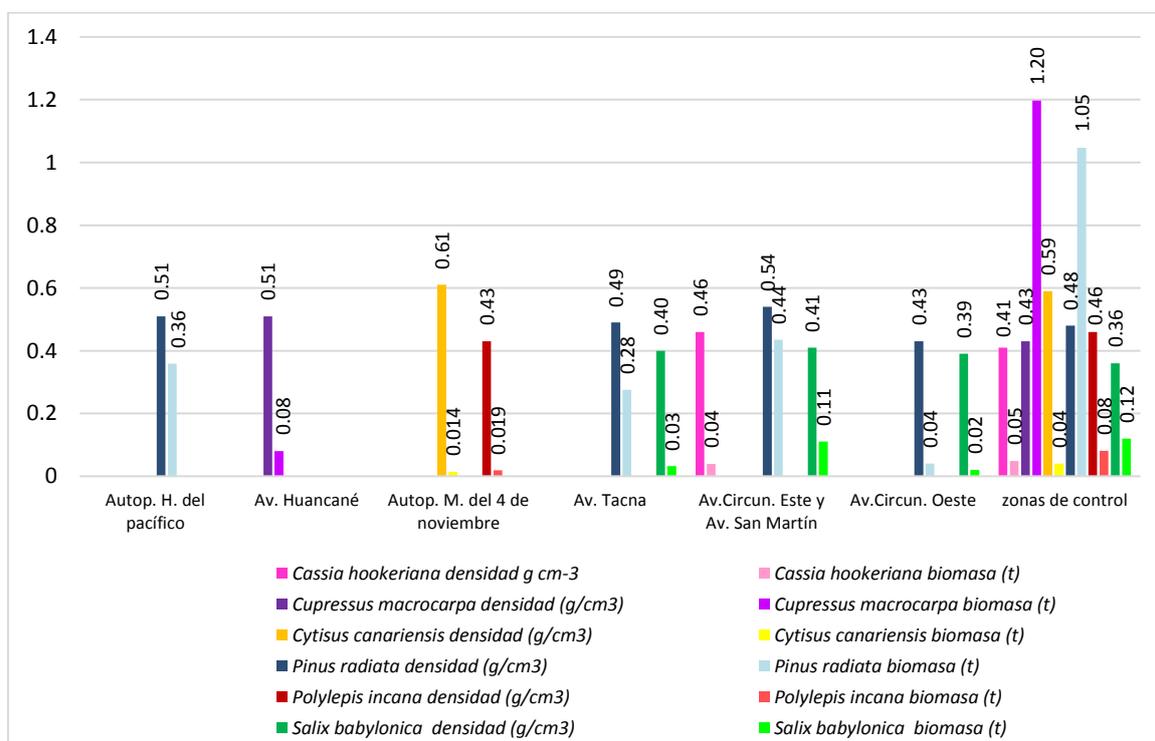


Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5. Variación de densidad básica de la madera en la biomasa por zona de estudio

ZONA	VARIACION DE LA DENSIDAD BASICA DE LA MADERA EN LA BIOMASA											
	ESPECIES FORESTALES											
	<i>Cassia hookeriana</i>		<i>Cupressus macrocarpa</i>		<i>Cytisus canariensis</i>		<i>Pinus radiata</i>		<i>Polylepis incana</i>		<i>Salix babylonica</i>	
	DBM	BA	DBM	BA	DBM	BA	DBM	BA	DBM	BA	DBM	BA
Autop. H. del pacífico	-	-	-	-	-	-	0.51 ± 0.003	0.36	-	-	-	-
Av. Huancané	-	-	0.51 ± 0.02	0.081	-	-	-	-	-	-	-	-
Autop. M. del 4 de noviembre	-	-	-	-	0.61 ± 0.04	0.014	-	-	0.43 ± 0.03	0.019	-	-
Av. Tacna	-	-	-	-	-	-	0.49 ± 0.01	0.28	-	-	0.40 ± 0.002	0.03
Av.Circun. Este y Av. San Martín	0.46 ± 0.08	0.04	-	-	-	-	0.54 ± 0.1	0.44	-	-	0.41 ± 0.001	0.11
Av.Circun. Oeste	-	-	-	-	-	-	0.43 ± 0.0	0.04	-	-	0.39 ± 0.001	0.02
Zonas de control	0.41 ± 0.001	0.05	0.43 ± 0.02	1.20	0.59 ± 0.008	0.04	0.48 ± 0.02	1.05	0.46 ± 0.04	0.08	0.36 ± 0.18	0.12

Nota: DBM Densidad Básica de la Madera (g cm^{-3}), BA Biomasa aérea promedio (t).



ANEXO 6. Reconocimiento e identificación de especies forestales



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE TAXONOMÍA VEGETAL



CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE TAXONOMÍA VEGETAL DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS DE LA U. N. A PUNO, HACE CONSTAR QUE LOS ESPECÍMENES PUESTOS A LA VISTA, CORRESPONDEN A LAS SIGUIENTES ESPECIES:

Polylepis incana HBK. "Q'añua" (Familia Rosaceae)

Pinus radiata D. Don. "Pino de Monterrey" (Familia Pinaceae)

Cupressus macrocarpa Hartw. "Ciprés de California" (Familia Cupressaceae)

Cassia hookeriana Gill. "Salliwa" (Familia Fabaceae)

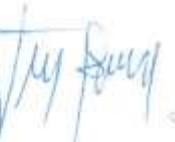
Cytisus canariensis (L.) O. Kuntze "Retamilla" (Familia Fabaceae) y

Salix babilónica L. "Sauce llorón" (Familia Salicaceae)

SE EXPIDE LA PRESENTE CONSTANCIA A PETICIÓN ESCRITA DE LA INTERESADA SRTA. DANIA MAGALI YANA MACHACA, BACHILLER EN INGENIERIA AMBIENTAL Y FORESTAL – UNAJ JULIACA, PARA LOS FINES QUE VIERE CONVENIENTES.

PUNO. C.U. 12 de julio del 2019




ING. MARIO A. SOLANO LARICO
Jefe de Laboratorio Taxonomía Vegetal
FCA. UNA – PUNO

Cc. Arch.

ANEXO 7. Resultados análisis de porcentaje de C orgánico en muestras de zonas urbanas



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



INFORME DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANÁLISIS DE CARBONO

PROCEDENCIA	: JULIACA - SAN ROMÁN
INTERESADO	: DANIA MAGALI YANA MACHACA
MUESTRA	: PROPORCIONADA POR EL INTERESADO
METODO	: Walkley and Black (combustión húmeda)
BOLETA	: 1236
FECHA DE RECEPCIÓN	: 15/07/2019
FECHA DE ANÁLISIS	: 16/07/2019 al 18/07/2019

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO

Cant.	Código de campo	Factor de % C	% C
1	PI-013	0.4701	47.01
2	PI-025	0.4773	47.73
3	PI-093	0.5954	59.54
4	PI-041	0.5014	50.14
5	PI-049	0.4732	47.32
6	PI-057	0.5111	51.11
7	PI-065	0.5171	51.71
8	PI-073	0.5641	56.41
9	PI-081	0.5327	53.27
1	CI-117	0.5359	53.59
2	CI-125	0.4873	48.73
3	CI-141	0.4324	43.24
4	CI-149	0.4732	47.32
5	CI-157	0.4939	49.39
6	CI-165	0.5641	56.41
7	CI-173	0.4701	47.01
8	CI-181	0.5045	50.45
9	CI-185	0.5609	56.09
1	SAU-214	0.4726	47.26
2	SAU-218	0.4701	47.01
3	SAU-230	0.4387	43.87
4	SAU-238	0.5014	50.14
5	SAU-250	0.5327	53.27
6	SAU-262	0.5155	51.55
7	SAU-274	0.4328	43.28
8	SAU-278	0.4647	46.47

9	SAU-282	0.4324	43.24
1	QE-309	0.5453	54.53
2	QE-317	0.4387	43.87
3	QE-325	0.4071	40.71
4	QE-333	0.5359	53.59
5	QE-345	0.5327	53.27
6	QE-357	0.5565	55.65
7	QE-365	0.4074	40.74
8	QE-373	0.4415	44.15
9	QE-381	0.4701	47.01
1	SAL-403	0.5327	53.27
2	SAL-411	0.4654	46.54
3	SAL-419	0.5014	50.14
4	SAL-423	0.4387	43.87
5	SAL-431	0.4280	42.80
6	SAL-439	0.4701	47.01
7	SAL-447	0.4039	40.39
8	SAL-455	0.4230	42.30
9	SAL-463	0.4108	41.08
1	CE-514	0.4199	41.99
2	CE-520	0.4883	48.83
3	CE-526	0.4074	40.74
4	CE-535	0.4701	47.01
5	CE-541	0.4136	41.36
6	CE-547	0.4384	43.84
7	CE-553	0.4773	47.73
8	CE-562	0.4350	43.50
9	CE-568	0.4108	41.08

Puno, 22 de Julio del 2019



ANALISTA



DIRECTOR

ANEXO 8. Resultados análisis de porcentaje de C orgánico en muestras de zonas de control



INFORME DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANÁLISIS DE CARBONO

PROCEDENCIA : MOHO-PUNO, VIVEROS FORESTALES DE JULIACA Y SAN JUAN DE POTOJANI.
 INTERESADO : DANIA MAGALI YANA MACHACA.
 MUESTRA : PROPORCIONADA POR EL INTERESADO
 METODO : Walkley and Black (combustión húmeda)
 BOLETA : 1238
 FECHA DE RECEPCION : 15/07/2019
 FECHA DE ANÁLISIS : 15/07/2019 al 18/07/2019

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO

Cant.	Procedencia	Código de campo	Factor de % C	% C
1	Viv. S.J. de Potojani	PI-115V	0.4835	48.35
2		PI-132V	0.4387	43.87
3		PI-155V	0.3014	30.14
1	Viv. S.J. de Potojani	CI-193V	0.4701	47.01
2		CI-195V	0.5214	52.14
3		CI-199V	0.4074	40.74
1	Viv. de Juliaca	SAU-290V	0.3980	39.80
2		SAU-295V	0.4042	40.42
3		SAU-299V	0.4657	46.57
1	Viv. S.J. de Potojani	QE-385V	0.4701	47.01
2		QE-393V	0.4262	42.62
3		QE-398V	0.4387	43.87
1	Viv. de Juliaca	SAL-475V	0.3767	37.67
2		SAL-483V	0.3967	39.67
3		SAL-487V	0.3917	39.17
1	Viv. S.J. de Potojani	CE-571V	0.4099	40.99
2		CE-577V	0.4701	47.01
3		CE-583V	0.4074	40.74

Puno, 22 de Julio del 2019

ANEXO 9. Constancia de uso de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Creada por Ley Nº 29783
LABORATORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y FORESTAL



CONSTANCIA DE USO DE LABORATORIO

El que suscribe, Ingeniero Alberto Portada Mamani Identificado con DNI N°41982888, Jefe de prácticas del laboratorio de EPIAF de la universidad Nacional de Juliaca.

Hace constar:

Que, la tesista **YANA MACHACA DANIA MAGALI**; con DNI N°76374560 y código de matrícula 0076374560, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal – EPIAF, realizó su trabajo de investigación titulado **"CAPTURA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN RELACION A LA BIOMASA AEREA DE LAS ESPECIES FORESTALES PREDOMINANTES DEL ORNATO URBANO EN JULIACA"** EN EL LABORATORIO 206 DE EPIAF DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA que está a mi cargo, desde el 15 de junio hasta el 10 de julio del 2019, de forma permanente e ininterrumpida en horas programadas haciendo uso de equipos e instrumentos que se detallan:

- Estufa marca P SELECTA
- Balanza analítica electrónica de 0.0001 g de precisión marca Mettler Toledo
- Contenedor de plástico rectangular
- Pinzas.
- desecador

Se le expide la presente constancia a solicitud de la parte interesada para los fines y usos que crea por conveniente.

Juliaca, 09 de octubre del 2019.

Atentamente.

Ing. Alberto Portada Mamani

JEFE DE PRÁCTICA

ANEXO 10. Resumen del inventario de árboles y arbustos urbanos

N°	CÓDIGO	Nombre científico	Nombre común	Lugar	Altura (m)	diámetro (cm)	Volumen (m3)	Densidad kg/m3	Biomasa (t)	CT (t)	CO ₂ (t)
1	SAL-403	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	3.75	19.1	0.08	460.2	0.06	0.03	0.12
2	SAL-411	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	2.10	11.5	0.02	460.2	0.01	0.01	0.02
3	SAL-415	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	3.70	13.1	0.04	460.2	0.03	0.01	0.05
4	SAL-419	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	2.60	19.1	0.06	460.2	0.04	0.02	0.08
5	SAL-423	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	1.80	9.5	0.01	460.2	0.01	0.00	0.01
6	SAL-427	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	1.90	11.1	0.01	460.2	0.01	0.00	0.02
7	SAL-431	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	2.20	12.7	0.02	460.2	0.02	0.01	0.03
8	SAL-435	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	2.10	13.4	0.02	460.2	0.02	0.01	0.03
9	SAL-439	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	3.70	20.7	0.10	367.4	0.06	0.03	0.10
10	SAL-443	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	4.35	20.1	0.11	460.2	0.08	0.04	0.13
11	SAL-447	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	3.75	12.4	0.04	460.2	0.03	0.01	0.04
12	SAL-451	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	3.35	16.9	0.06	460.2	0.04	0.02	0.07
13	SAL-455	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	2.95	15.0	0.04	460.2	0.03	0.01	0.05
14	SAL-459	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	3.15	15.3	0.05	460.2	0.03	0.02	0.06
15	SAL-463	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	5.15	12.7	0.05	460.2	0.04	0.02	0.06
16	SAL-467	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	4.95	13.1	0.05	460.2	0.04	0.02	0.06
17	SAL-471	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	3.95	14.0	0.05	481.8	0.04	0.02	0.06
18	SAL-475	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	Tramo 5	5.55	20.7	0.15	531.4	0.13	0.06	0.21
19	CI-117	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	7.30	19.9	0.15	512.4	0.11	0.06	0.21
20	CI-121	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	5.40	24.7	0.17	512.4	0.12	0.06	0.22
21	CI-123	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	3.50	15.3	0.04	512.4	0.03	0.01	0.05
22	CI-125	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	7.05	19.7	0.14	512.4	0.10	0.05	0.18
23	CI-127	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	3.00	10.8	0.02	512.4	0.01	0.01	0.02
24	CI-129	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	8.25	30.9	0.40	512.4	0.29	0.14	0.53
25	CI-131	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	3.40	23.2	0.09	512.4	0.07	0.03	0.12
26	CI-133	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	4.20	10.8	0.03	512.4	0.02	0.01	0.03
27	CI-137	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	8.55	24.5	0.26	500.0	0.18	0.09	0.34
28	CI-139	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	5.00	19.6	0.10	512.4	0.07	0.04	0.13
29	CI-141	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	5.85	23.4	0.16	512.4	0.12	0.05	0.19

Resumen del inventario de árboles y arbustos urbanos (continuación)

30	CI-145	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	3.70	10.8	0.02	512.4	0.02	0.01	0.03
31	CI-147	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	3.90	12.6	0.03	512.4	0.02	0.01	0.04
32	CI-149	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	3.90	11.5	0.03	512.4	0.02	0.01	0.03
33	CI-153	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	3.90	12.1	0.03	512.4	0.02	0.01	0.04
34	CI-155	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	2.80	18.5	0.05	512.4	0.03	0.02	0.06
35	CI-157	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	4.10	15.9	0.05	512.4	0.04	0.02	0.07
36	CI-161	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	5.40	11.3	0.04	512.4	0.03	0.01	0.05
37	CI-163	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	4.20	11.1	0.03	512.4	0.02	0.01	0.04
38	CI-165	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	6.75	26.7	0.25	546.1	0.19	0.11	0.39
39	CI-169	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	5.55	15.3	0.07	512.4	0.05	0.02	0.09
40	CI-171	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	4.95	11.1	0.03	512.4	0.02	0.01	0.04
41	CI-173	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	6.75	11.1	0.04	512.4	0.03	0.01	0.05
42	CI-177	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	5.25	17.7	0.08	512.4	0.06	0.03	0.11
43	CI-179	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	6.80	27.1	0.25	512.4	0.18	0.09	0.33
44	CI-181	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	5.25	18.9	0.10	480.1	0.06	0.03	0.12
45	CI-185	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	5.25	35.0	0.33	522.7	0.24	0.13	0.49
46	CI-187	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	4.13	13.5	0.04	512.4	0.03	0.01	0.05
47	CI-189	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	6.75	23.9	0.20	512.4	0.14	0.07	0.26
48	CI-190	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	Tramo 2	6.50	20.8	0.14	512.4	0.10	0.05	0.19
49	CE-514	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.80	7.0	0.01	616.2	0.01	0.00	0.01
50	CE-516	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.89	9.2	0.01	616.2	0.01	0.00	0.02
51	CE-517	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.85	8.6	0.01	616.2	0.01	0.00	0.01
52	CE-519	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	2.00	9.2	0.01	616.2	0.01	0.00	0.02
53	CE-520	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.70	9.5	0.01	616.2	0.01	0.00	0.02
54	CE-522	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	2.10	8.9	0.01	616.2	0.01	0.00	0.02
55	CE-523	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.80	9.2	0.01	616.2	0.01	0.00	0.02
56	CE-525	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	2.00	10.8	0.01	616.2	0.01	0.01	0.02
57	CE-526	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.75	12.4	0.02	645.9	0.02	0.01	0.03
58	CE-527	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.60	9.2	0.01	616.2	0.01	0.00	0.01
59	CE-529	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.70	9.9	0.01	616.2	0.01	0.00	0.02
60	CE-531	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.90	8.6	0.01	616.2	0.01	0.00	0.01
61	CE-532	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.90	10.2	0.01	616.2	0.01	0.01	0.02
62	CE-533	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	2.30	10.5	0.02	616.2	0.02	0.01	0.03

Resumen del inventario de árboles y arbustos urbanos (continuación)

63	CE-535	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.96	16.9	0.03	586.4	0.03	0.02	0.06
64	CE-536	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	2.10	12.7	0.02	616.2	0.02	0.01	0.03
65	CE-538	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.88	12.4	0.02	616.2	0.02	0.01	0.03
66	CE-540	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	2.00	12.4	0.02	616.2	0.02	0.01	0.03
67	CE-541	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.90	9.9	0.01	616.2	0.01	0.00	0.02
68	CE-543	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	2.10	10.5	0.01	616.2	0.01	0.01	0.02
69	CE-544	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	2.30	12.1	0.02	616.2	0.02	0.01	0.03
70	CE-547	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.95	9.5	0.01	616.2	0.01	0.00	0.02
71	CE-550	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	2.10	12.4	0.02	616.2	0.02	0.01	0.03
72	CE-551	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.80	11.5	0.01	616.2	0.01	0.01	0.02
73	CE-552	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	2.20	13.1	0.02	616.2	0.02	0.01	0.04
74	CE-553	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.65	8.6	0.01	616.2	0.01	0.00	0.01
75	CE-555	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.70	8.9	0.01	616.2	0.01	0.00	0.01
76	CE-556	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.80	9.9	0.01	616.2	0.01	0.00	0.02
77	CE-557	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.90	12.1	0.02	616.2	0.02	0.01	0.03
78	CE-559	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	2.30	10.8	0.02	616.2	0.02	0.01	0.03
79	CE-561	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	2.00	10.5	0.01	616.2	0.01	0.01	0.02
80	CE-562	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.55	9.2	0.01	616.2	0.01	0.00	0.01
81	CE-564	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	2.40	10.8	0.02	616.2	0.02	0.01	0.03
82	CE-565	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.65	9.9	0.01	616.2	0.01	0.00	0.02
83	CE-568	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	Tramo 3	1.90	11.8	0.02	616.2	0.02	0.01	0.02
84	PI-010	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 5	5.20	32.5	0.28	541.2	0.21	0.11	0.40
85	PI-013	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 5	6.05	34.4	0.37	624.0	0.32	0.15	0.55
86	PI-015	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 5	5.00	27.5	0.19	541.2	0.15	0.07	0.27
87	PI-016	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 5	6.50	52.5	0.92	541.2	0.69	0.35	1.30
88	PI-018	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 5	6.20	39.5	0.49	541.2	0.37	0.19	0.70
89	PI-025	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 5	6.05	52.2	0.84	541.2	0.64	0.30	1.12
90	PI-027	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 5	5.00	41.1	0.43	541.2	0.33	0.17	0.61
91	PI-029	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 5	5.45	58.9	0.96	458.0	0.62	0.32	1.16
92	PI-030	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 5	5.20	31.8	0.27	541.2	0.20	0.10	0.38
93	PI-033	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 5	6.95	60.5	1.30	541.2	0.98	0.59	2.15
94	PI-034	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 5	5.10	37.6	0.37	541.2	0.28	0.14	0.52
95	PI-037	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 4	3.65	31.5	0.19	502.6	0.13	0.07	0.24

Resumen del inventario de árboles y arbustos urbanos (continuación)

96	PI-039	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 4	4.00	49.0	0.49	502.6	0.35	0.18	0.65
97	PI-041	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 4	3.50	22.0	0.09	502.6	0.06	0.03	0.11
98	PI-043	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 4	3.00	18.1	0.05	502.6	0.04	0.02	0.07
99	PI-045	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 4	4.55	72.9	1.23	481.0	0.83	0.42	1.55
100	PI-047	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 4	3.00	27.7	0.12	502.6	0.08	0.04	0.15
101	PI-049	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 4	4.25	46.8	0.48	502.6	0.33	0.16	0.58
102	PI-051	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 4	3.95	48.1	0.47	502.6	0.33	0.17	0.61
103	PI-055	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 4	3.60	42.3	0.33	502.6	0.23	0.12	0.43
104	PI-057	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 4	4.40	55.1	0.68	507.2	0.48	0.25	0.91
105	PI-059	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 4	4.10	34.1	0.24	502.6	0.17	0.09	0.32
106	PI-061	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 1	6.58	41.1	0.57	521.2	0.41	0.21	0.77
107	PI-063	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 1	5.10	54.1	0.76	518.5	0.55	0.28	1.03
108	PI-065	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 1	6.78	41.1	0.58	518.5	0.42	0.22	0.80
109	PI-067	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 1	6.50	34.4	0.39	518.5	0.28	0.15	0.53
110	PI-069	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 1	5.38	43.9	0.53	518.5	0.38	0.20	0.72
111	PI-071	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 1	4.95	34.7	0.30	518.5	0.22	0.11	0.41
112	PI-073	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 1	5.18	31.2	0.26	518.5	0.19	0.11	0.39
113	PI-077	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 1	5.98	41.1	0.51	516.2	0.37	0.19	0.70
114	PI-079	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 1	4.80	31.2	0.24	518.5	0.17	0.09	0.32
115	PI-081	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 1	7.78	44.6	0.79	518.5	0.57	0.31	1.12
116	PI-085	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 6	3.10	17.2	0.05	431.7	0.03	0.02	0.06
117	PI-088	<i>Pinus radiata</i>	Pino	Tramo 6	4.20	20.1	0.09	431.7	0.05	0.03	0.10
118	QE-309	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	2.15	11.8	0.02	438.7	0.01	0.01	0.02
119	QE-313	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	2.50	15.3	0.04	439.4	0.03	0.01	0.04
120	QE-317	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	3.00	19.1	0.07	423.8	0.05	0.03	0.09
121	QE-321	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	2.15	12.4	0.02	439.3	0.01	0.01	0.03
122	QE-325	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	2.00	12.7	0.02	439.3	0.01	0.01	0.02
123	QE-329	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	2.40	14.3	0.03	439.3	0.02	0.01	0.04
124	QE-333	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	2.30	12.1	0.02	439.3	0.01	0.01	0.03
125	QE-337	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	2.10	15.3	0.03	439.3	0.02	0.01	0.04
126	QE-341	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	2.80	13.4	0.03	439.3	0.02	0.01	0.04
127	QE-345	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	1.80	10.8	0.01	491.0	0.01	0.01	0.02
128	QE-349	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	1.80	13.1	0.02	439.3	0.01	0.01	0.02

Resumen del inventario de árboles y arbustos urbanos (continuación)

129	QE-353	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	2.30	11.8	0.02	424.0	0.01	0.01	0.02
130	QE-357	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	2.20	17.2	0.04	417.6	0.03	0.01	0.05
131	QE-365	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	3.00	14.0	0.04	439.3	0.03	0.01	0.04
132	QE-369	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	2.00	12.1	0.02	439.3	0.01	0.01	0.02
133	QE-373	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	2.80	10.9	0.02	439.3	0.01	0.01	0.02
134	QE-377	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	2.30	10.9	0.02	439.3	0.01	0.01	0.02
135	QE-381	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	Tramo 3	2.10	14.3	0.03	439.3	0.02	0.01	0.03
136	SAU-214	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 4	4.40	10.8	0.03	396.7	0.02	0.01	0.04
137	SAU-218	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 4	3.35	12.7	0.03	396.7	0.02	0.01	0.04
138	SAU-222	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 4	4.00	14.6	0.05	398.8	0.03	0.02	0.06
139	SAU-226	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 4	3.65	16.6	0.06	394.7	0.04	0.02	0.07
140	SAU-230	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 4	3.35	15.3	0.05	396.7	0.03	0.01	0.05
141	SAU-234	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 4	3.05	12.1	0.03	396.7	0.02	0.01	0.03
142	SAU-238	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 4	3.35	13.1	0.04	396.7	0.02	0.01	0.04
143	SAU-242	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 4	3.90	18.5	0.08	396.7	0.05	0.02	0.09
144	SAU-250	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 5	5.15	23.6	0.18	417.3	0.12	0.06	0.23
145	SAU-254	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 5	5.15	22.9	0.17	417.3	0.11	0.05	0.19
146	SAU-258	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 5	5.00	23.2	0.17	417.3	0.11	0.05	0.19
147	SAU-262	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 5	6.35	22.0	0.19	417.3	0.13	0.07	0.24
148	SAU-266	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 5	6.35	17.8	0.13	417.3	0.08	0.04	0.14
149	SAU-270	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 6	4.43	12.7	0.04	394.6	0.03	0.01	0.05
150	SAU-274	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 7	4.43	8.6	0.02	394.6	0.01	0.01	0.02
151	SAU-278	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Tramo 4	6.80	13.7	0.08	396.7	0.05	0.02	0.09

Nota.

Tramo 1: Autopista héroes de la guerra del pacífico.

Tramo 2: Avenida Huancané.

Tramo 3: Autopista Mártires del 4 de noviembre.

Tramo 4: Av. Tacna.

Tramo 5: Av. Circunvalación este y Av. san Martín (entrada terminal terrestre).

Tramo 6: Av. Circunvalación oeste.

ANEXO 11. Resumen del inventario de árboles y arbustos (control)

N°	Código	Nombre científico	Nombre común	Lugar	Altura (m)	diámetro (cm)	Volumen (m ³)	Densidad kg/m ³	Biomasa (t)	CT (t)	CO ₂ (t)
1	SAL-479	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	vivero Juliaca	5.2	13.4	0.06	410.7	0.04	0.01	0.05
2	SAL-483	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	vivero Juliaca	6.2	17.8	0.12	410.7	0.08	0.03	0.12
3	SAL-487	<i>Cassia hookeriana</i>	Salliwa	vivero Juliaca	4.8	12.4	0.05	410.7	0.03	0.01	0.04
4	CI-193V	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	vivero SJP	7.6	51.6	1.02	415.4	0.60	0.28	1.03
5	CI-195V	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	vivero SJP	9.2	60.5	1.71	420.0	1.00	0.52	1.92
6	CI-199V	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	vivero SJP	13.6	66.8	3.09	460.0	1.99	0.81	2.97
7	CE-571	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	vivero SJP	4.7	13.0	0.05	590.7	0.05	0.02	0.07
8	CE-577	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	vivero SJP	4.1	12.7	0.04	596.7	0.04	0.02	0.07
9	CE-583	<i>Cytisus canariensis</i>	Retamilla	vivero SJP	4.3	12.1	0.04	584.6	0.04	0.01	0.05
10	PI-115V	<i>Pinus radiata</i>	Pino	vivero SJP	15.3	52.2	2.13	510.0	1.52	0.73	2.69
11	PI-132V	<i>Pinus radiata</i>	Pino	vivero SJP	13.4	38.5	1.01	470.0	0.67	0.29	1.07
12	PI-155V	<i>Pinus radiata</i>	Pino	vivero SJP	12.0	48.7	1.45	470.0	0.96	0.48	1.76
13	QE-385	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	vivero SJP	7.0	11.5	0.06	417.6	0.04	0.02	0.07
14	QE-393	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	vivero SJP	9.0	15.9	0.14	512.4	0.12	0.05	0.18
15	QE-398	<i>Polylepis incana</i>	Q'èñua	vivero SJP	6.8	16.6	0.12	477.2	0.09	0.04	0.14
16	SAU-290V	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	vivero Juliaca	2.1	10.7	0.01	350.1	0.01	0.00	0.01
17	SAU-295V	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Prov. Moho	4.2	24.9	0.16	370.1	0.10	0.04	0.14
18	SAU-299V	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón	Prov. Moho	5.4	35.1	0.41	387.0	0.26	0.12	0.44

ANEXO 12. Panel fotográfico



Figura 1. Sallihua (*Cassia hookeriana* Gill).



Figura 2. Ciprés (*Cupressus macrocarpa* Hartw).



Figura 3. Retamilla (*Cytisus canariensis* (L) O. Kuntze).



Figura 4. Pino (*Pinus radiata* D. Don).



Figura 5. Sauce llorón (*Salix babylonica* L).



Figura 6. Q'èña (*Polylepis incana* HBK).



Figura 7. Georreferenciación de individuos forestales urbanos.



Figura 8. Enumeración de árboles y arbustos.



Figura 9. Medición del diámetro fustal.



Figura 10. Medición de distancia.



Figura 11. Medición de altura del árbol.



Figura 12. Medición de altura de arbusto.



Figura 13. Taladro para muestras en zona de control.



Figura 14. Taladro para muestras en zona urbana.



Figura 15. Tarugo.



Figura 16. Sauce en la provincia de Moho.



Figura 17. Vivero de San Juan de Potojani.



Figura 18. Vivero de Juliaca.



Figura 19. Tarugos (saturación hídrica).

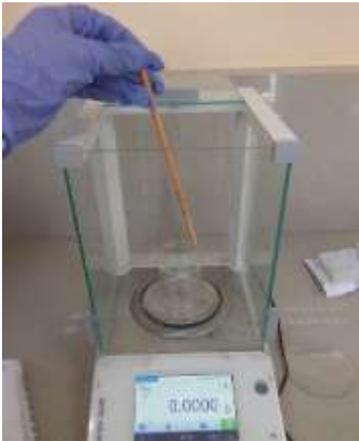


Figura 21. Pesado de tarugos.



Figura 22. Muestras pulverizadas.



Figura 23. Combustión húmeda.



Figura 24. Aplicación de calor en la combustión.



Figura 25. Enfriamiento de muestras.



Figura 26. Viraje.