

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA HERBÁCEA DE DOS RUTAS DE LA RESERVA NACIONAL DE LACHAY DURANTE LA TEMPORADA HÚMEDA, 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autoras:

Evelyn Samira Ferro Suarez
Marggory Greta Zavala Sosa

Asesor:

Mg. Bernabé Salomón Luis Alaya

Lima - Perú

2021



ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Bernabé Salomón Luis Alaya, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Ferro Suarez Evelyn Samira
- Zavala Sosa Marggory Greta

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA HERBÁCEA DE DOS RUTAS DE LA RESERVA NACIONAL DE LACHAY DURANTE LA TEMPORADA HÚMEDA, 2018” para aspirar al título profesional de: Ingeniero Ambiental por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, AUTORIZA al o a los interesados para su presentación.

Bernabé Salomón Luis Alaya
Asesor



ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de las estudiantes Evelyn Samira Ferro Suarez y Marggory Greta Zavala Sosa para aspirar al título profesional con la tesis denominada: “CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA HERBÁCEA DE DOS RUTAS DE LA RESERVA NACIONAL DE LACHAY DURANTE LA TEMPORADA HÚMEDA, 2018”

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado
Presidente

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado



DEDICATORIA

A mis padres Efraín y Margot por darme su apoyo incondicional y la fortaleza para seguir superándome en el ámbito profesional.

A mi hermana Rubí por su motivación para ser mejor cada día.

Evelyn Ferro

A mis padres Edith y Oscar quienes con su amor y apoyo incondicional me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

A mi abuelita Bertha por su cariño, oraciones y apoyo, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

Marggory Zavala



AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirnos llegar hasta donde estamos y darnos la satisfacción de concluir esta etapa con éxito.

Al Blg. Bernabé Salomón Luis Ayala por sus consejos, conocimientos y enseñanzas que permitieron el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la Blg. Graciela Porras que por medio del laboratorio de biología de la Universidad Privada del Norte nos apoyó en la etapa de análisis de muestras.

Al personal de la Reserva Nacional de Lachay, que durante la ejecución de la tesis nos brindaron su apoyo desinteresadamente, en especial al jefe de la reserva David Orosco Garro, al colaborador Richard Ramírez y los guardaparques Luis Nizama y Paul Mamani que con sus conocimientos del lugar nos ayudaron a desarrollar la etapa de diagnóstico.

A nuestros amigos Jean Pool Estela y Efraín Candiotti quienes nos brindaron su apoyo en la fase de campo.



TABLA DE CONTENIDOS

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	ii
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
TABLA DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ECUACIONES	x
RESUMEN	xi
SUMMARY	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Bases Teóricas.....	16
1.2.1. Biomasa.....	16
1.2.2. Carbono	16
1.2.3. Lomas costeras	17
1.3. Formulación del problema	19
1.3.1. Problema General.....	19
1.3.2. Problemas específicos	19
1.4. Justificación	20
1.5. Objetivos.....	20
1.5.1. Objetivo general.....	21
1.5.2. Objetivos específicos	21
1.6. Hipótesis	21
1.6.1. Hipótesis general.....	21
1.6.2. Hipótesis específicas	21
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	22
2.1. Tipo de investigación.....	22



2.2.	Población y muestra	22
2.2.1.	Población	22
2.2.2.	Muestra.....	22
2.3.	Materiales, instrumentos y métodos	24
2.3.1.	Materiales.....	24
2.3.2.	Instrumentos	24
2.3.3.	Métodos	24
2.4.	Procedimiento	25
2.5.	Aspectos éticos	30
CAPÍTULO III. RESULTADOS		31
3.1.	Identificación de herbáceas	31
3.2.	Resultado de biomasa.....	33
3.3.	Resultado de carbono.....	35
3.4.	Comparación de rutas.....	37
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		38
4.1	Discusión.....	38
4.1.1.	Identificación de herbáceas	38
4.1.2.	Biomasa herbácea.....	38
4.1.3.	Carbono almacenado en biomasa herbáceas	39
4.1.4.	Comparación del carbono almacenado de las rutas	40
4.2	Conclusiones.....	40
4.3.	Recomendaciones.....	41
REFERENCIAS		42
ANEXOS		53



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de estratos de las rutas de estudio	23
Tabla 2 Coordenadas de la Ruta de la Tara	25
Tabla 3 Coodenadas de a Ruta del Palillo	26
Tabla 4 Registro de variables metereológicas de Lomas de Lachay	27
Tabla 5 Especies Herbáceas en la Ruta de la Tara	31
Tabla 6 Especies Herbáceas en la Ruta del Palillo	32



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Instalación de parcelas	28
Figura 2 Peso de herbáceas muestreadas.....	29
Figura 3 Biomasa herbácea (t/ha) de la ruta de la Tara.....	33
Figura 4 Biomasa herbácea (t/ha) de la ruta del Palillo	34
Figura 5 Carbono en biomasa herbácea por sector de la ruta de la Tara.....	35
Figura 6 Carbono en biomasa herbácea por sector de la ruta del Palillo.....	36
Figura 7 Comparación de carbono almacenado por ruta de estudio	37



ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Biomasa herbácea	29
Ecuación 2 Carbono en la biomasa herbácea	30



RESUMEN

El cambio climático perjudica de manera considerable nuestro planeta y la captura de carbono en la biomasa vegetal surge como opción para reducir los efectos. El objetivo de la investigación es cuantificar el carbono almacenado en la biomasa herbácea de dos rutas de la Reserva Nacional de Lachay durante la temporada húmeda, 2018. Este estudio se realizó en las rutas de la Tara y Palillo la cual fue segmentada en cuatro sectores (I, II, III y IV) y cada sector estuvo conformado por tres parcelas con dimensiones de 1x1m (1m²). Para obtener la biomasa se cortó al ras del suelo todas las hierbas que se encontraban dentro de cada parcela y se determinó su peso fresco y seco. Para obtener la cantidad de carbono almacenado se multiplicó por el factor 0.5 a la biomasa herbácea en t/ha. Los resultados indicaron que la cantidad de carbono en la biomasa herbácea en la ruta de la Tara fue de 1.346 tC/ha y en la ruta del Palillo fue de 0.373 tC/ha.

Palabras clave: lomas, herbácea, biomasa, carbono



SUMMARY

Climate change considerably harms our planet and the capture of carbon in plant biomass surge as an option to reduce the effects. The objective of the research is to quantify the carbon stored in the herbaceous biomass of two routes of the Lachay National Reserve during the wet season, 2018. This study was carried out in the routes of La Tara and Palillo, which was segmented into four sectors (I, II, III and IV) and each sector was made up of three plots with dimensions of 1x1m (1m²). To obtain the biomass, all the grasses found within each plot were cut at ground level and their fresh and dry weight was determined. To obtain the amount of carbon stored, the herbaceous biomass in t / ha was multiplied by a factor of 0.5. The results indicate that the amount of carbon in the herbaceous biomass in the Tara route was 1,346 tC / ha and in the Palillo route it was 0.373 tC / ha.

Keywords: hills, herbaceous, biomass, carbon

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El cambio climático es la variación global del clima que causa afectaciones a los ecosistemas terrestres, marinos y costeros, pérdida de glaciares, intensas olas de calor y elevación del nivel del mar (González, 2020). Esto es ocasionado por los gases de efecto invernadero que ha sido provocado principalmente por el hombre (IPCC, 2019). Los madereros infractores y personas que realizan actividades de agricultura migratoria, al degradar los bosques contribuyen significativamente el aumento de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Vásquez, 2015). La deforestación y degradación de estos ocasiona casi el 20% de estas emisiones (Tavera, 2015).

Este suceso ha causado preocupación en la comunidad internacional, puesto que ha generado, reubicación de muchas especies de animales, cambios en las variables climáticas claves para el crecimiento de la vegetación principalmente en zonas tropicales de países en desarrollo con regímenes de precipitación que se encuentran entre semiárido y húmedo (Pizarro, 2017) y modificaciones ambientales principalmente en el sector agrícola, en países de tercer mundo (Tigmasa, 2020).

De esta manera, dado el compromiso de los acuerdos es importante priorizar medidas de mitigación como; cambios en el estilo de vida, ecotecnología, conservación de la biodiversidad, y captura del CO₂ mediante la preservación y restauración de zonas verdes (González, 2015). Para realizar estas acciones, se necesitan mecanismos de iniciativas intergubernamentales con un compromiso político y de los avances de la ciencia. Por esta razón, en 1988 se inició el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), con la finalidad de facilitar las evaluaciones integrales del estado sobre el cambio climático (IPCC, 2014). Además, en 1992 en Brasil se desarrolló la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo para tratar temas como desarrollo sostenible, cambio climático y la protección de la biodiversidad (ONU, 1992). En 1997, se firmó el protocolo de Kyoto en donde los países industrializados adquirieron compromisos sobre limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (ONU, 1998).



En el Perú, existen ecosistemas que albergan gran variedad de flora única y endémica con una gran capacidad para sumir carbono de la atmósfera, denominadas lomas costeras (MINAM, 2019). Estas entrelazan complejas relaciones biológicas y antrópicas, haciendo de esta complejidad un campo de estudio idóneo como paisaje y territorio cambiante (Nieuwland & Mamani, 2017). Estos ecosistemas son fuente de ingresos económicos, es por ello que se debe conocer los factores que la benefician o perjudican y en qué situación se encuentran para su adecuado manejo (Romero *et al.*, 2018). Entre ellas destaca la Reserva Nacional de Lachay siendo la única Área Natural Protegida por el estado a nivel nacional (SERNANP, 2013a).

Mediante el almacenamiento de carbono en la biomasa vegetal, las plantas pueden capturar el CO₂ a través de la fotosíntesis (Houghton, 2005; Quiñe, 2009; Zhang *et al.*, 2014; Fu *et al.*, 2018). Estas utilizan CO₂ y liberan O₂ durante el proceso, en sus estructuras almacenan componentes de carbono por tiempos prolongados, por esta razón se les considera como reservas naturales de carbono (Martel & Cairampoma, 2012; Timoteo, 2014). Por estas razones, surge el cálculo de la captura de carbono mediante la cuantificación de la biomasa aérea en una determinada hectárea de bosques o sistemas agroforestales, entre ellos destacando antecedentes internacionales y nacionales.

Existen antecedentes que sustentan la investigación propuesta, comenzaremos mencionando los de alcance internacional y luego los nacionales:

Acosta *et al.* (2020), en su investigación para cuantificar el carbono en herbáceas, empleó como unidad de muestreo cuadrantes de 1 x 1 m. Todo el material vegetal perteneciente a los arbustos y hierbas dentro del cuadrante fue obtenido cortando toda la biomasa existente al nivel de suelo. De forma similar, Cárdenas (2012), estableció parcelas de dimensión (1x1m) para el cálculo de la cantidad de carbono depositado en la vegetación, teniendo como resultado 1.13 t/ha de biomasa herbácea y 0.53 t/ha de aporte de carbono. Asimismo, Ayala & Villa (2014), establecieron parcelas de dimensión (1x1m) instaladas al azar aplicando el método destructivo (extracción y recolección de todos los individuos vegetales presentes en cada parcela de muestreo), teniendo como resultado 115.30 tC/ha.

Vásquez *et al.* (2020), en su estudio para la caracterización de pasturas se consideraron dos épocas del año, siendo la época lluviosa (octubre 2016 a mayo 2017) y seca (mayo a



diciembre de 2017), con parcelas de área de 1m² cada uno, luego se embolsó y etiquetó las muestras de hierbas para ser trasladado al laboratorio, para su secado correspondiente en una estufa a 105 °C hasta alcanzar un peso seco y constante. Los resultados obtenidos para la biomasa herbácea en cada Sistema Silvopastoril son los siguientes: Aliso con 5,34 t/ha, Pino 3,03 t/ha, Ciprés 3,69 t/ha y Pona 3,68 t/ha.

Jimenez (2019), determinó la biomasa arbustiva y herbácea mediante un muestreo directo en cuadrantes de 1 x 1 m, distribuidos al azar; se cortó al ras del suelo toda la vegetación y se anotó el peso fresco total por metro cuadrado. Como resultados la biomasa herbácea almacena en carbono fue de 0.006 t/ha. En similar situación Tacarpo (2018), para calcular la biomasa arbustiva/herbácea efectuó muestreos en cuadrantes de 1 x 1 m recolectando todas las hierbas que estaban dentro de la parcela, obteniendo como resultado que la biomasa arbustiva/herbácea captura 2.808 tC/ha. De igual manera, Oliva *et al.* (2017), empleó el método del cuadrante de 1 x 1 m en donde se cortó las plantas al ras del suelo obteniéndose el peso fresco por cada parcela y el promedio por hectárea. Las herbáceas nativas de 15 a 20 días de edad presentaron un total de captura de 3.5 t/ha.

Cuellar & Salazar (2016), menciona que en la cuenca de Chancay se obtuvo como resultado de carbono almacenado en biomasa arbustiva / herbácea en bosque primario 9.86 tC/ha, plantación frutal 6.08 tC/ha, pastizal 6.11 tC/ha y cultivo anual 5.47 tC/ha. Por otra parte, Timoteo (2014), en su estudio conformado por P₁ (guaba, cacao, frejol del palo, bolaina), P₂ (pino, chuncho, cacao, frejol del palo, bolaina) y P₃ (leucaena, cacao, frejol del palo, bolaina), se obtuvo como resultado que la mayor cantidad de carbono en la biomasa herbácea fue en P₃ con 5,69 tC/ha.

Gorbitz (2011), en esta investigación se sectorizó en dos estratos con 15 y 20 parcelas respectivamente, para la estimación de carbono en la biomasa herbácea (tC/ha) empleó cuadrantes al azar de dimensiones (1x1 m). Como resultado el contenido de biomasa arbustiva/herbácea en el estrato I que comprende a la parte media del río Aguaytía fue de 2,784 t/ha, mientras que el estrato II que comprende a la parte alta del río fue de 2.575 t/ha.

Quiñe (2009), en su investigación menciona que todas las herbáceas se deben cortar al ras del suelo, colocarlas en bolsas de papel, registrar el peso fresco y obtener una sub-muestra para llevarlas a la estufa a una temperatura de 75° C; con la finalidad de obtener el peso seco, obteniéndose como resultado que en la parcela Juan Bernito (La Banda del Shilcayo) el total



de carbono en la biomasa herbácea es de 1,89 t/ ha y en el Fundo Sananguillo (Pamashto) es de 2,35t/ ha.

Teniendo en consideración lo mencionado anteriormente, se tiene como iniciativa determinar el carbono almacenado en la biomasa herbácea de dos rutas representativas en la Reserva Nacional de Lachay, mediante investigación in situ en la temporada húmeda de lomas. Dicha actividad fomentará a promover la conservación de este tipo de ecosistema ya que presenta características únicas que permiten regular el clima, proveer aire puro y presenta un valor paisajístico. Además, fomentará la realización de otros estudios y contribuirá en la actualización del Plan Maestro de dicha reserva.

1.2. Bases Teóricas

1.2.1. Biomasa

Las plantas necesitan del sol para crecer, lo cual transforman la energía de este en energía química mediante la fotosíntesis, parte de la energía queda almacenada en forma de materia orgánica; lo cual se denomina biomasa (Quiñe, 2009; Fluker & Sánchez, 2016). Asimismo, es toda materia orgánica aérea o subterránea, viva o muerta, que puede ser calculada por medio de métodos destructivos o no destructivos, esta se calcula mediante la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en un periodo determinado (Pallqui, 2013; Aguilar *et al.*, 2011).

1.2.1.1. Biomasa herbácea

La biomasa vegetal es diversa y sus propiedades dependen de su origen, especie de planta y condiciones climáticas (Stolarski *et al.*, 2018). La vegetación no arbórea está conformada por herbáceas, arbustos, gramíneas y helechos; este tipo de vegetación está presente en todas las formas de uso del suelo como forestal, agrícola y pasturas (Rügnitz *et al.*, 2009; Yepes *et al.*, 2011).

La biomasa herbácea es la cantidad de hierbas presentes en una determinada área. Para determinar la biomasa herbácea es necesario realizar muestreos destructivos que permitan cosechar las hierbas al ras del suelo en un área determinada (Rügnitz *et al.*, 2009; Yepes *et al.*, 2011).

1.2.2. Carbono



Este elemento se encuentra presente en el agua bajo la forma de compuestos carbonatados, y en el aire como CO₂. Todos los organismos vivos son compuestos de carbono, que se obtienen como resultado de los procesos metabólicos durante su crecimiento y desarrollo, y que son liberados cuando éstos mueren (Maquera, 2017).

1.2.2.1. Ciclo del carbono

Es considerado un grupo de cuatro depósitos interconectados los cuales son la atmósfera, la biósfera terrestre (incluyendo los sistemas de aguas frescas), los océanos y los sedimentos (incluso los combustibles fósiles) (Gorbitz, 2011).

Quiñe (2009) y Castañeda (2014) mencionan que estos depósitos son fuentes que pueden liberar el carbono, o sumideros que son los que absorben carbono de otra parte del ciclo. Los mecanismos principales del intercambio del carbono son la fotosíntesis, la respiración y la oxidación.

Según Larrea (2007) menciona que el ciclo del carbono sucede de la siguiente manera:

- A. Ciclo biológico:** Comprende los intercambios de CO₂ de la fotosíntesis, este ciclo es relativamente rápido.
- B. Ciclo biogeoquímico:** Es un ciclo de larga duración que regula la transferencia de carbono entre la atmósfera y litósfera, sin embargo, hay ocasiones en que la materia orgánica queda sepultada (sin contacto con el oxígeno) formándose la fermentación que lo transforma en carbón, petróleo y gas natural.

1.2.2.2. Captura de carbono

La captura de carbono es la extracción y almacenamiento de carbono de la atmósfera en sumideros de carbono mediante el proceso de la fotosíntesis, específicamente en la etapa oscura, donde el CO₂ es asimilado y convertido en carbono disponible para la planta (Yáñez, 2004; Lao, 2017). La cantidad de carbono secuestrado se relaciona con la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, lo cual está determinado por las condiciones del suelo y clima (Hidalgo, 2014).

1.2.3. Lomas costeras



En el desierto que se extiende en las costas de Perú y Chile se producen ecosistemas de lomas costeras albergando variedad de vegetación con flora única y endémica (Lleellish *et al.*, 2015). Se extiende desde Bayóvar en Perú hasta Coquimbo en Chile (Mena *et al.*, 2007; Del Castillo, 2016).

Son oasis de neblina con alta diversidad florística siendo una reserva de naturaleza en medio de un entorno árido, creadas por las precipitaciones de las nieblas invernales provenientes del océano Pacífico, las que son interceptadas por las estribaciones andinas (Balaguer *et al.*, 2011; Nieuwland & Mamani, 2017). Adoptan diversas formas y composiciones dependiendo de la distancia con el mar, altitud, pendiente, condiciones microclimáticas, entre otras (Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, 2018). Las lomas están en constante cambio, mientras que algunas especies son constantes, otras van y vienen con cada estación (Dillon *et al.*, 2011). En el Perú existen las ecozonas costeras que se desplazan por el litoral en más de 3000 km que es aproximadamente el 11.69% del país (SERFOR, 2016), un porcentaje de estos ecosistemas se ubican en las costas de Lima cuyas temporadas de alta vegetación se da en los meses de mayo a octubre (La Rosa *et al.*, 2013; Miyasiro, & Ortiz, 2016). Se pueden distinguir dos tipos de temporadas, la seca presente entre diciembre y marzo en donde algunos componentes de la vegetación entran en un periodo de latencia, y la húmeda que sucede de mayo a octubre (Lleellish *et al.*, 2015).

1.2.3.1. Vegetación de lomas costeras

En este ecosistema se ha evidenciado más de 1200 especies de plantas vasculares efímeras, tales como; árboles, arbustos y hierbas ya que poseen la habilidad de captar el agua a partir de la neblina y estar adaptadas a condiciones de humedad temporal y extrema aridez (Boscato, 2015; Aponte, 2016; Leiva *et al.*, 2014), también existe 225 especies endémicas puesto que el Perú abarca 2000 km² y en Chile una menor extensión vegetal (Sotomayor & Jiménez, 2008; SERNANP, 2013a). En las lomas costeras la mayoría de especies son herbáceas, de las cuales una parte cumple su ciclo vegetativo en un año o menos, y la otra parte de manera frecuente. Todas ellas tienen su mayor crecimiento durante la época húmeda, iniciando la temporada con especies como *Begonia geraniifolia* e *Ismene amancaes*, y culminándola con *Stenomesson coccineum*, *Alstroemeria recumbens* o *Salvia tubiflora* (Del Castillo, 2016).



1.2.3.2. Reserva Nacional de Lachay

Es un área natural protegida por el estado creado el 21 de junio de 1997 (SERNANP, 2019), está ubicada al norte de Lima, provincia de Huaura, distrito de Huacho; con una superficie total de 5.070 hectáreas (SERNANP, 2013a; SERNANP, 2013b). El nombre proviene del vocablo quechua Llachu, que significa lugar cubierto de neblinas (SERNANP, 2013b). La reserva se caracteriza por la presencia de árboles como la tara (*Caesalpinia spinosa*), palillo (*Capparis prisca*), mito (*Carica candicans*) y huarango (*Acacia macracantha*), los cuales tienen gran capacidad de captación de neblina (SERNANP, 2013a; SERNANP, 2013b). El trabajo más reciente publicado sobre la flora de Lachay, reporta un total de 149 especies de plantas vasculares durante el evento “El Niño” de agosto de 1997 a diciembre de 1998 (Cano *et al.*, 1999).

A. Características climáticas

SERNANP (2013b) menciona lo siguiente:

Las lomas de Lachay se caracterizan por presentar precipitación estacional, lo cual determina dos temporadas: temporada seca, de noviembre a mayo y la temporada húmeda de junio a octubre. Su clima es estacional, con lloviznas en la época húmeda lo que favorece el desarrollo de la vegetación y presenta una humedad relativa durante este periodo de 95%. Asimismo, presenta temperaturas promedio anuales de 23°C a 14°C.

B. Características del suelo

SERNANP (2013a) indica que el suelo es muy variable, siendo generalmente arenoso, arcilloso y pedregoso; asimismo, en las grietas de las paredes rocosas se acumulan materia orgánica lo que permite el crecimiento de plantas típicas adaptadas a la humedad temporal.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General

¿Cuánto será el carbono almacenado en la biomasa herbácea de dos rutas representativas de la Reserva Nacional de Lachay durante la temporada húmeda, 2018?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuáles serán las especies herbáceas predominantes en la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” y de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo”?



¿Qué valores se obtendrán al cuantificar la biomasa herbácea de la ruta de *Caesalpinia spinosa* “Tara” durante la temporada húmeda, 2018?

¿Qué valores se obtendrán al cuantificar la biomasa herbácea de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo” durante la temporada húmeda, 2018?

¿Qué valores se obtendrán al calcular el carbono almacenado en la biomasa herbácea de la ruta de *Caesalpinia spinosa* “Tara” durante la temporada húmeda, 2018?

¿Qué valores se obtendrán al calcular el carbono almacenado en la biomasa herbácea de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo” durante la temporada húmeda, 2018?

¿Existen diferencias significativas al comparar el carbono almacenado de cada ruta de la Reserva Nacional de Lachay durante la temporada húmeda, 2018?

1.4. Justificación

El presente estudio surgió con la motivación de que en la actualidad existe preocupación a nivel mundial por mitigar el cambio climático, lo que ha permitido reconocer la importancia de los ecosistemas terrestres principalmente el de la vegetación ya que estas pueden captar el dióxido de carbono atmosférico mediante la fotosíntesis.

En el Perú, existe poca investigación sobre la cuantificación de carbono en reservas nacionales de lomas, ya que se requiere de metodologías estandarizadas para luego ser evaluadas periódicamente lo cual es complejo debido a que dicha información aún no se encuentra disponible y solo hay metodologías para ecosistemas de bosques o sistemas agroforestales.

Por esta razón, la presente investigación permitirá dar aporte a los futuros investigadores al medir el crecimiento de herbáceas en temporada húmeda, realizar un inventario de especies de flora y cuantificar el carbono que almacena la biomasa herbácea que se encuentran en la ruta de la Tara y el Palillo, que en su mayoría no han sido estudiadas anteriormente como captadoras de carbono a pesar de que se sabe que estos ecosistemas albergan diversidad de especies endémicas. Asimismo, los datos generados en esta investigación proporcionarán información sobre la dinámica que existe en este ecosistema y posteriormente puedan ser utilizada por instituciones que apoyan en la conservación de lomas, así como para obtener un registro con bases científicas de datos cuantitativos que podrán estimar el carbono presente en estos ecosistemas de costa, así como contribuir en Plan maestro que se realiza en esta reserva.

1.5. Objetivos



1.5.1. Objetivo general

Cuantificar el carbono almacenado en la biomasa herbácea de dos rutas de la Reserva Nacional de Lachay durante la temporada húmeda, 2018.

1.5.2. Objetivos específicos

Describir las especies herbáceas predominantes en la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” y de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo”

Cuantificar la biomasa herbácea de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” durante la temporada húmeda, 2018.

Cuantificar la biomasa herbácea de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo” durante la temporada húmeda, 2018.

Calcular el carbono almacenado en la biomasa herbácea de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” durante la temporada húmeda, 2018.

Calcular el carbono almacenado en la biomasa herbácea de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo” durante la temporada húmeda, 2018.

Comparar el carbono almacenado de cada ruta de la Reserva Nacional de Lachay durante la temporada húmeda, 2018.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Existe un almacenamiento significativo de carbono en la biomasa herbácea de cada ruta de la Reserva Nacional de Lachay durante la temporada húmeda, 2018.

1.6.2. Hipótesis específicas

La ficha para el inventario de especies herbáceas permite identificar los tipos predominantes de hierbas en la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” y de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo”

Existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” durante la temporada húmeda, 2018.

Existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo” durante la temporada húmeda, 2018.

Existe una diferencia significativa del carbono almacenado en la biomasa herbácea en los sectores de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” durante la temporada húmeda, 2018.



Existe una diferencia significativa del carbono almacenado en la biomasa herbácea en los sectores de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo” durante la temporada húmeda, 2018.

Existe una diferencia significativa en la comparación de carbono almacenado en la biomasa herbácea de cada ruta de la Reserva Nacional de Lachay durante la temporada húmeda, 2018.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de enfoque cuantitativo, ya que se emplea la estadística para obtener resultados. Asimismo, el nivel de investigación es descriptivo, ya que busca medir con precisión cada variable. El diseño de investigación es no experimental de categoría longitudinal, ya que se recolectó datos con la finalidad de describir las variables sin aplicar un estímulo de forma intencional, pero si se evalúa en su contexto natural a través del tiempo (Hernández, *et al.*, 2010).

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Rügnitz *et al.* (2009) indican que la población puede ser un conjunto de unidades de paisaje ya sean homogéneas o heterogéneas (bosque, plantaciones forestales, etc.). Por esta razón la población de la presente investigación está conformado por las áreas de la ruta de la tara (*Caesalpinia spinosa*) y de la ruta del Palillo (*Capparis prisca*) ubicados en la Reserva Nacional de Lachay.

2.2.2. Muestra

Rügnitz *et al.* (2009) indican que si la población es de tipo heterogénea este debe ser dividida para que dentro de las sub-poblaciones se tenga homogeneidad (estratos). Por esta razón la presente investigación está conformado por muestras no probabilísticas ya que fueron tomados al azar en cuatro estratos (I, II, III, IV), de las cuales cada estrato está constituido por tres parcelas de biomasa herbácea.



Según Acosta *et al.* (2020), Jimenez (2019), Tacarpo (2018), Oliva *et al.* (2017) & Gorbitz (2011) mencionan que el recorte cuadrangular de dimensión (1x1m), con el fin de obtener la homogeneidad en el área de estudio. Esto se evaluó en temporada húmeda (setiembre-2018).

En la siguiente tabla se indica la cantidad total de estratos y parcelas de estudio de ambas rutas.

Tabla 1

Descripción de estratos IT: Ruta de la Tara, IP: Ruta del Palillo

IT		IP	
Estrato	Parcelas (repeticiones)	Estrato	Parcelas (repeticiones)
I	IT1	I	IP1
	IT2		IP2
	IT3		IP3
II	IIT1	II	IIP1
	IIT2		IIP2
	IIT3		IIP3
III	IIIT1	III	IIIP1
	IIIT2		IIIP2
	IIIT3		IIIP3
IV	IVT1	IV	IVP1
	IVT2		IVP2
	IVT3		IVP3

Las

distribuciones de las parcelas de estudio se encuentran en el ANEXO n.º 1 y ANEXO n.º 2.



2.3. Materiales, instrumentos y métodos

2.3.1. Materiales

Los materiales utilizados para el desarrollo de la presente investigación fueron los siguientes; 96 estacas, 4 rafias, 24 letreros, 2 winchas, 2 tijeras, rotulador, cintas autoadhesivas, tableros de madera y 1 pqt. de bolsas de papel.

Además, se utilizaron los siguientes equipos balanza analítica marca OHAUS para el pesaje de las herbáceas, cámara Samsung para el registro fotográfico, estufa marca Ecocell para determinar el peso seco de las hierbas y GPS Garmin 60SCx para localizar la ubicación de las parcelas.

2.3.2. Instrumentos

La técnica que se aplicó en la presente investigación es la observación, con la finalidad de medir el crecimiento de la cobertura vegetal para calcular la biomasa y carbono almacenado en las herbáceas durante la temporada húmeda en la Reserva Nacional de Lachay. Asimismo, los instrumentos que se aplicaron fueron las fichas de recolección de datos de dos tipos, la primera se empleó para inventario de especies herbáceas, y la segunda para obtener la anotación de peso fresco y seco de la biomasa herbácea.

- **Ficha de recolección de datos para el inventario de especies herbáceas**

Para su elaboración se requirió los puntos de muestreo y la descripción de especies de flora (ANEXO n° 3).

- **Ficha de recolección de datos para el cálculo de la biomasa herbácea**

Se requirió el peso fresco total, peso de muestra conocida fresca y peso de muestra conocida seca en g de cada parcela evaluada (ANEXO n° 4).

2.3.3. Métodos

Análisis de datos: Para realizar el análisis de datos se empleó la estadística descriptiva ya que organiza la información en tablas y gráficos. Mediante el programa Microsoft Excel versión 2016, se registró las bases de datos de las fichas de recolección que permitió realizar las gráficas en barras para una mejor visualización de los resultados logrados. Asimismo, se realizó las barras de error, análisis de varianza (ANOVA) y contraste múltiple de variables (Prueba de Duncan) para aceptar o rechazar la hipótesis nula. Finalmente, la ubicación de parcelas se realizó con el programa ArcGis 10.3.



2.4. Procedimiento

Se realizó un diagnóstico del área de estudio con la finalidad de saber sus características obteniéndose los siguientes datos en las salidas de campo (primera semana de setiembre – 2018). Para la recolección de datos de biomasa y carbono en herbáceas se realizó en tres fases (campo, laboratorio y gabinete).

2.4.1. Diagnóstico del área de estudio

2.4.1.1. Ubicación

La Reserva Nacional de Lachay se ubicada a 105 km al norte de Lima, en la provincia de Huaura, distrito de Huacho (SERNANP, 2013b). El área de estudio de la presente investigación se encuentra dentro de la Reserva Nacional de Lachay específicamente en las rutas de la Tara y Palillo, teniendo en cuenta como muestra un total de doce parcelas por ruta.

Tabla 2

Coordenadas de la Ruta de la Tara

Estrato	Parcela	Coordenadas UTM	Altitud
I	T1	X: 242558 Y:8743301	449 m
	T2	X: 242561 Y:8743296	448 m
	T3	X: 242575 Y:8743284	444 m
II	T1	X: 242444 Y:8743150	413 m
	T2	X: 242436 Y:8743148	412 m
	T3	X: 242448 Y:8743165	423 m
III	T1	X: 242297 Y:8743061	385 m



	T2	X: 242309 Y:8743066	388 m
	T3	X: 242311 Y:8743061	388 m
	T1	X: 242155 Y:8743030	384m
IV	T2	X: 242138 Y:8743023	371 m
	T3	X: 242151 Y:8743015	369 m

Tabla 3

Coordenadas de la Ruta del Palillo

Estrato	Parcela	Coordenadas UTM	Altitud
	P1	X: 240694 Y:8743265	260 m
I	P2	X: 240685 Y:8743275	258 m
	P3	X: 240681 Y:8743259	260 m
	P1	X: 240578 Y:8743320	246 m
II	P2	X: 240584 Y:8743329	247 m
	P3	X: 240571 Y:8743332	244 m
	P1	X: 240522 Y:8743350	237 m
III	P2	X: 240528 Y:8743363	235 m
	P3	X: 240517	234 m



		Y:8743374	
	P1	X: 240370	223 m
		Y:8743468	
IV	P2	X: 240350	221 m
		Y:8743476	
	P3	X: 240355	223 m
		Y:8743435	

2.4.1.2. Clima

El clima de la reserva en los meses de evaluación presentó una temperatura máxima de 20.35 °C para el mes de octubre y una temperatura mínima para el mes de setiembre con 12.32 °C. La precipitación máxima se presentó en el mes de agosto con 0.57 mm y la precipitación mínima con 0.09 mm en el mes de octubre.

Tabla 4

Registro de variables meteorológicas de Lomas de Lachay

Mes	Temperatura media (°C)	Precipitación (mm)
Agosto	14.13	0.57
Setiembre	14.75	0.39
Octubre	16.88	0.09

Fuente: SENAMHI, 2018

2.4.2. Primera etapa

2.4.2.1. Selección e instalación de parcelas experimentales

Para la selección del área de estudio se realizó la inspección de la zona y se sectorizó en cuatro estratos que fueron constituidas por tres parcelas permanentes cada uno para cada ruta de estudio. Se determinó que sean permanentes ya que fueron monitoreadas periódicamente y así poder reducir el error por variabilidad espacial (Casanoves *et al.*, 2017).

Para la determinación de la dimensión de la parcela se tomó en consideración a los autores Acosta *et al.* (2020), Melgarejo *et al.* (2015) & Concha *et al.* (2007), puesto



que señalan que para el cálculo de biomasa de herbáceas se recomienda que las parcelas sean de dimensión (1x1m), es por esta razón que se empleó dicha dimensión para cada una de las parcelas.

Figura 1

Instalación de parcelas: derecha Ruta del Palillo e izquierda Ruta de la Tara



2.4.2.2. Toma de muestra

- Biomasa Herbácea

El Banco Mundial (2011) señala que para el muestreo de vegetación a nivel de parcelas de menor tamaño se emplea el método destructivo. Por esta razón se realizó este método que consistió en cortar al ras del suelo todo el material herbáceo ubicado dentro de las parcelas (Espinoza-Domínguez, 2012; Timoteo *et al.* 2016). Asimismo, esta acción se realizó finalizando el periodo de evaluación (octubre) donde las muestras fueron almacenadas en bolsas de papel correctamente identificadas para registrar su peso fresco (Quiñe, 2009; Fluker & Sánchez, 2016).

2.4.3. Segunda etapa

2.4.3.1. Análisis de laboratorio

- Peso fresco y seco de la cobertura herbácea

Para la determinación del peso fresco y seco de la cobertura herbácea se tuvo en consideración a los autores Quiñe (2009) & Timoteo (2014). Por ello lo primero que se hizo fue pesar la bolsa de papel, luego se procedió a pesar la cobertura



herbácea fresca en una balanza analítica, una vez obtenido el peso fresco se colocó las muestras en la estufa a 75°C para evitar la pérdida de los compuestos de carbono por un periodo continuo de 48hr, finalmente se realizó el pesaje de las muestras secas.

Figura 2

Peso de herbáceas muestreadas



2.4.4. Tercera etapa

2.4.4.1. Procesamiento de datos

A. Cálculo de la biomasa herbácea (t/ha)

Para estimar esta biomasa en t/ha, se utilizó la siguiente fórmula empleada en las investigaciones de los autores Quiñe (2009) & Timoteo (2014).

Ecuación 1

Biomasa herbácea

$$BAH \left(\frac{t}{ha} \right) = \left(\left(\frac{PSM}{PFM} \right) \times PFT \right) \times 0.01$$

Donde;



BAH = Biomasa arbustiva/herbácea, materia seca (t/ha)

PSM = peso seco (g) de la muestra colectada

PFM = Peso fresco (g) de la muestra colectada

PFT = Peso fresco total (g) por metro cuadrado

0,01 = Factor de conversión

B. Cálculo de carbono en la biomasa herbácea (tC/ha)

Para este cálculo se empleó la conversión de biomasa a carbono utilizando el coeficiente de 0.5 sugerido por la IPCC cuando no se dispone de datos carbono de laboratorio (Cárdenas, 2012; Ayala & Villa, 2014; Huamancayo, 2013). Se utilizará la siguiente fórmula para su determinación:

Ecuación 2

Carbono en la biomasa herbácea

$$CB \left(\frac{t}{ha} \right) = B \times 0.5$$

Donde;

CB = Carbono en la biomasa de cada componente (t/ha)

B = Biomasa de cada componente (t/ha)

0.50= Constante

2.5. Aspectos éticos

La información obtenida de otros autores fue debidamente citada y referenciada mediante los lineamientos del manual APA séptima edición. De esta manera, se evitó el plagio; puesto que la propiedad intelectual puede llegar a ser la posesión más valiosa que pueda tener una persona y la mala utilización de esta puede originar el desprestigio de otro investigador si la información llega a ser manipulada o malintencionada. Asimismo, todos los datos obtenidos tanto en campo como en laboratorio para realizar la presente investigación son reales.



CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Identificación de herbáceas

Se realizó la identificación de herbáceas en cada parcela, obteniéndose que las especies más frecuente en la ruta de la Tara es *Sicyos baderoa* (caigua silvestre) y en la ruta del Palillo es *Nasa urens* (ortiga Negra) (Romero *et al.*, 2018 & Lleellish *et al.*, 2015). En el siguiente cuadro se muestra las especies encontradas en cada ruta de estudio.

Tabla 5

Especies herbáceas en la Ruta de la Tara

Estrato	Parcelas	Especies
I	T 1	<i>Sicyos baderoa, Palaua rhombifolia, Rostraria trachyantha, Nasa urens y Acmella Alba</i>
	T 2	<i>Sicyos baderoa, Palaua rhombifolia, Rostraria trachyantha</i>
	T 3	<i>Sicyos baderoa</i>
II	T 1	<i>Sicyos baderoa</i>
	T 2	<i>Sicyos baderoa</i>
	T 3	<i>Sicyos baderoa</i>
III	T 1	<i>Sicyos baderoa</i>
	T 2	<i>Sicyos baderoa</i>
	T 3	<i>Sicyos baderoa</i>
IV	T 1	<i>Sicyos baderoa</i>
	T 2	<i>Sicyos baderoa</i>
	T 3	<i>Sicyos baderoa</i>



Tabla 6

Especies herbáceas en la Ruta del Palillo

Estrato	Parcelas	Especies
I	P 1	<i>Palaua rhombifolia</i> y <i>Sycios baderoa</i>
	P 2	<i>Sycios baderoa</i>
	P 3	<i>Palaua rhombifolia</i> , <i>Nicotiana paniculata</i> y <i>Nasa urens</i>
II	P 1	<i>Chenopodium petiolare</i> , <i>Palaua rhombifolia</i> , <i>Nasa urens</i> y <i>Sycios baderoa</i>
	P 2	<i>Sycios baderoa</i>
	P 3	<i>Sycios baderoa</i> y <i>Nasa urens</i>
III	P 1	<i>Sycios baderoa</i>
	P 2	<i>Palaua rhombifolia</i> , <i>Nicotiana paniculata</i> y <i>Nasa urens</i>
	P 3	<i>Palaua rhombifolia</i> , <i>Nicotiana paniculata</i> , <i>Nasa urens</i> y <i>Sycios baderoa</i>
IV	P 1	<i>Palaua rhombifolia</i> y <i>Nicotiana paniculata</i>
	P 2	<i>Palaua rhombifolia</i>
	P 3	<i>Palaua rhombifolia</i>

En el ANEXO n.º7 se muestra la identificación de herbáceas encontradas en ambas rutas de estudio.



3.2. Resultado de biomasa

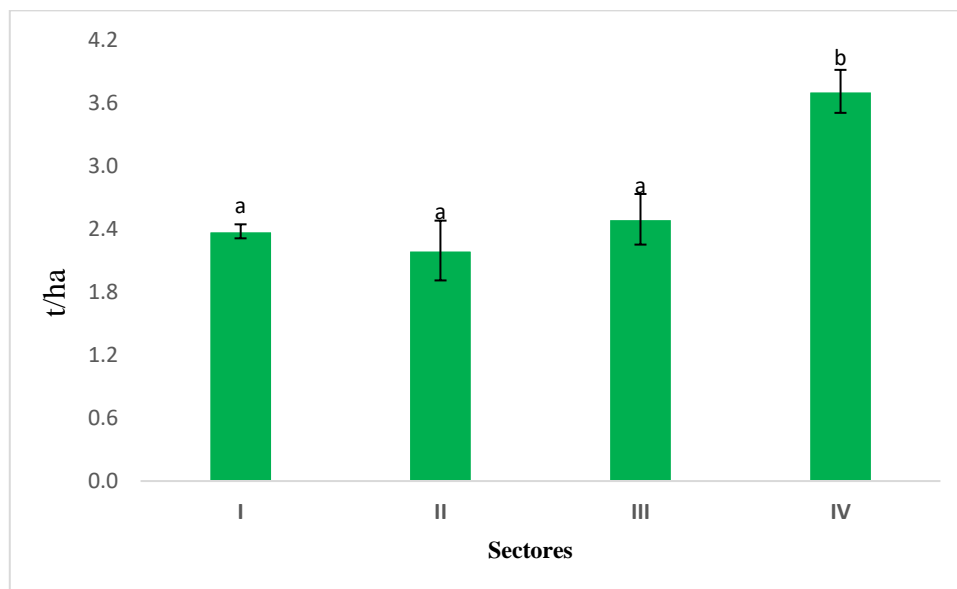
3.2.1. Biomasa herbácea

A. Ruta de la Tara

Nuestros resultados muestran la cantidad de biomasa herbácea promedio por sectores (I, II, III y IV) en parcelas de 1 x 1 m. Al analizar los datos obtenidos, se observa que los sectores I, II y III no presentan diferencia significativa entre sí; sin embargo, los sectores mencionados presentan diferencia significativa con el sector IV. Asimismo, se aprecia que la mayor biomasa herbácea se encuentra en el sector IV con 3.709 t/ha y la menor en el sector II con 2.194 t/ha (Figura 3, ANEXO n.º8).

Figura 3

Cantidad de biomasa promedio (t/ha) de las parcelas de la ruta de la Tara por sector



Nota: Cantidad de biomasa promedio (t/ha) por sectores (I, II, III y IV) de la Ruta de la Tara. Las columnas con diferentes letras indican diferencias significativas entre los sectores según la prueba de Duncan ($P < 0.05$). Asimismo, se muestran las barras verticales de error estándar.

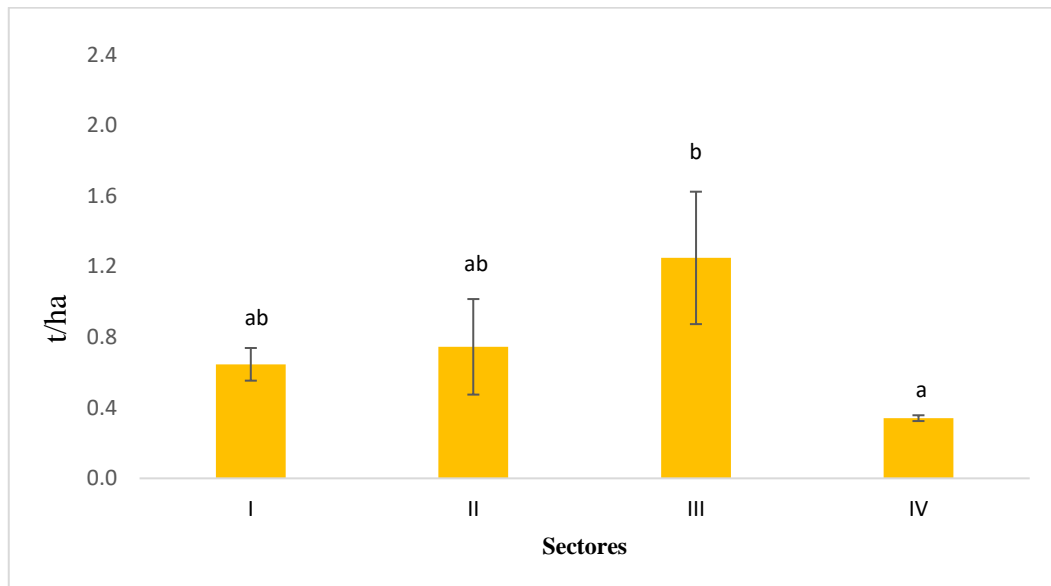
B. Ruta del Palillo



Nuestros resultados muestran la cantidad de biomasa herbácea promedio por sectores (I, II, III y IV) en parcelas de 1 x 1 m. Al analizar los datos obtenidos, se observa que los sectores I y II no presentan diferencia significativa por esta razón se denominan con la misma letra; sin embargo, los sectores mencionados presentan diferencia significativa con el sector III y IV. Asimismo, se aprecia la biomasa herbácea por sectores, teniendo mayor biomasa en el sector III con 1.249 t/ha y la menor biomasa en el sector IV con 0.341 t/ha. (Figura 4, ANEXO n.º9).

Figura 4

Cantidad de biomasa promedio (t/ha) de las parcelas de la ruta del Palillo por sector



Nota: Cantidad de biomasa promedio (t/ha) por sectores (I, II, III y IV) de la Ruta del Palillo. Las columnas con diferentes letras indican diferencias significativas entre los sectores según la prueba de Duncan ($P < 0.05$). Asimismo, se muestran las barras verticales de error estándar.



3.3. Resultado de carbono

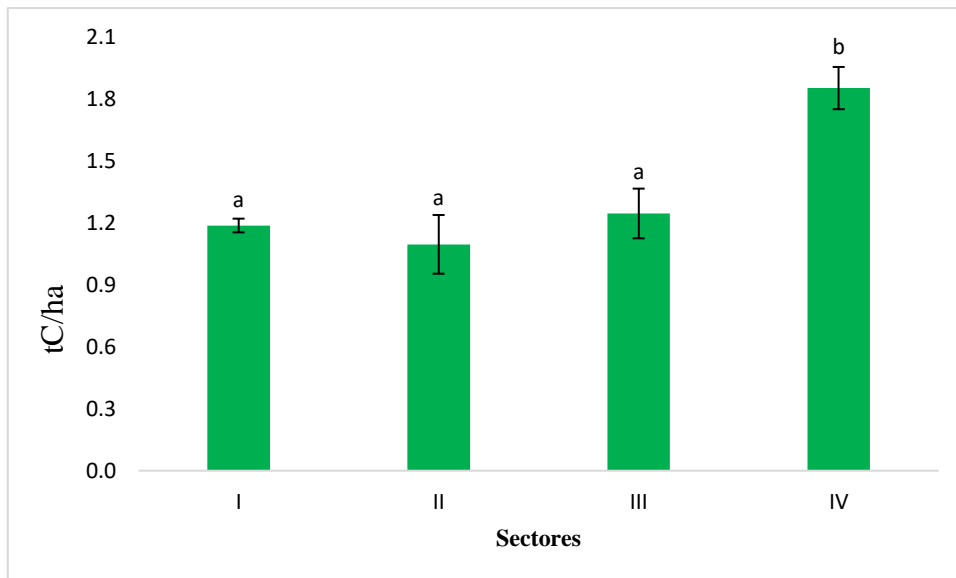
3.3.1. Carbono almacenado en herbácea

A. Ruta de la Tara

Nuestros resultados muestran la cantidad de carbono promedio por sectores (I, II, III y IV). Al analizar los datos obtenidos, se observa que los sectores I, II y III no presentan diferencia significativa; sin embargo, los sectores mencionados presentan diferencia significativa con el sector IV. Asimismo, se muestra que el sector IV almacena mayor carbono comparado con los demás sectores con 1.854 tC/ha; asimismo, el sector que almacena menor carbono es el II con 1.097 tC/ha (Figura 5, ANEXO n.º 10).

Figura 5

Cantidad de carbono promedio (tC/ha) de las parcelas de la ruta de la Tara por sector



Nota: Cantidad de carbono promedio (tC/ha) por sectores (I, II, III y IV) de la Ruta de la Tara. Las columnas con diferentes letras indican diferencias significativas entre los sectores según la prueba de Duncan ($P < 0.05$). Asimismo, se muestran las barras verticales de error estándar.

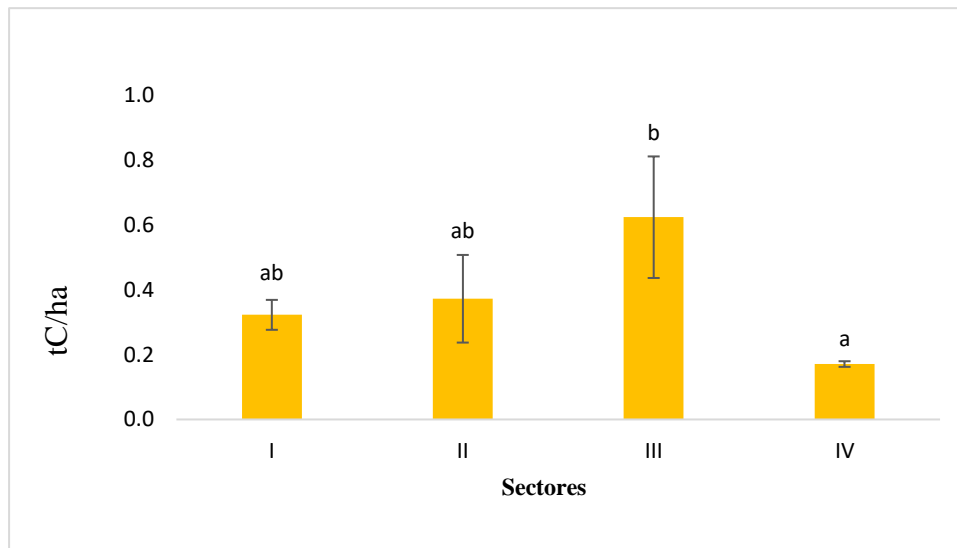


B. Ruta del Palillo

Nuestros resultados muestran la cantidad de biomasa herbácea promedio por sectores (I, II, III y IV). Al analizar los datos obtenidos, se observa que los sectores I y II no presentan diferencia significativa por esta razón se denominan con la misma letra; sin embargo, los sectores mencionados presentan diferencia significativa con el sector III y IV. Así mismo, se muestra que el sector III almacena mayor carbono comparado con los demás sectores con 0.624 tC/ha; asimismo, el sector que almacena menor carbono es el IV con 0.17 tC/ha. (Figura 6, ANEXO n.º11).

Figura 6

Cantidad de carbono promedio (tC/ha) de las parcelas de la ruta del Palillo por sector



Nota: Cantidad de carbono promedio (tC/ha) por sectores (I, II, III y IV) de la Ruta del Palillo. Las columnas con diferentes letras indican diferencias significativas entre los sectores según la prueba de Duncan ($P < 0.05$). Asimismo, se muestran las barras verticales de error estándar.

El promedio de medias y error estándar para la biomasa herbácea y carbono almacenado por cada sector de la Ruta de la Tara y de la Ruta del Palillo, se puede apreciar en el ANEXO n.º14.

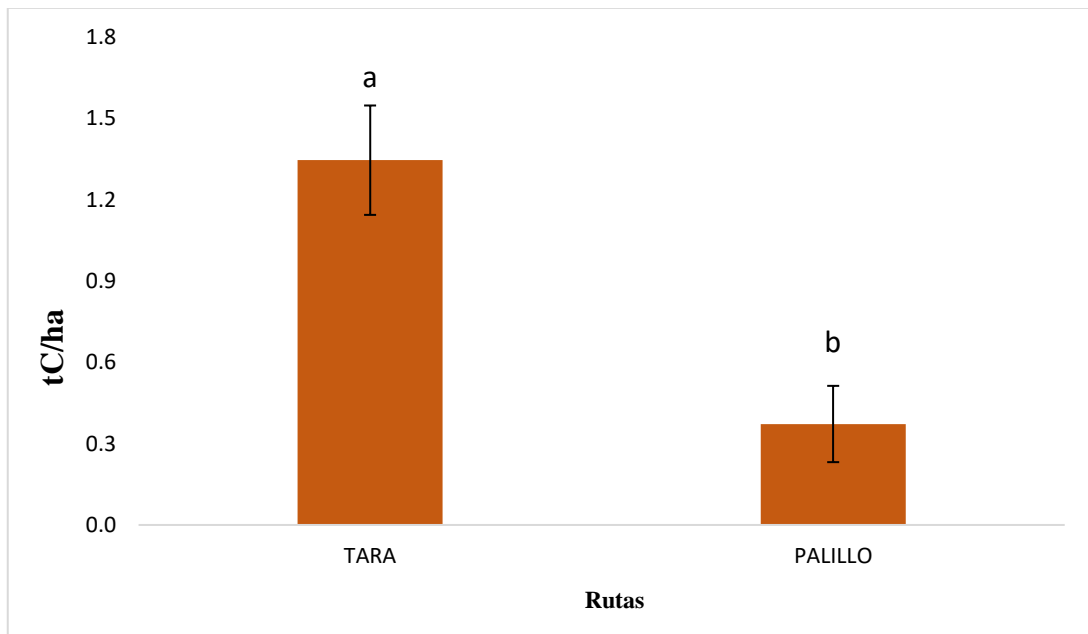


3.4. Comparación de rutas

Nuestros resultados muestran la comparación de carbono almacenado en la biomasa herbácea de la Ruta de la Tara y de la Ruta del Palillo. Al analizar los datos obtenidos, se observa que las rutas de estudio presentan diferencia significativa, así mismo, se muestra que la Ruta de la Tara almacena mayor carbono con 1.346 tC/ha comparado con la Ruta del Palillo con 0.373 tC/ha (Figura 7).

Figura 7

Comparación de carbono almacenado en la biomasa herbácea (tC/ha) de las rutas de estudio



Nota: Comparación de carbono almacenado en la biomasa herbácea (tC/ha) de la Ruta de la Tara y de la Ruta del Palillo. Las columnas con diferentes letras indican diferencias significativas entre los sectores según la prueba de Duncan ($P < 0.05$). Asimismo, se muestran las barras verticales de error estándar.

El promedio de medias y error estándar para la comparación de carbono almacenado en la biomasa herbácea de cada ruta de estudio, se puede apreciar en el ANEXO n.º 18.



CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

4.1.1. Identificación de herbáceas

En la investigación se realizó la identificación de herbáceas en cada parcela, obteniéndose que la especie más frecuente en la ruta de la Tara es *Sicyos baderoa* (caigua silvestre), lo cual podría deberse a que las condiciones favorables para el crecimiento de este tipo de herbácea varían entre 300 y 500 msnm (Lleellish *et al.*, 2015). La zona de estudio presentó una altitud que oscilaba entre 369 a 449 msnm indicando una mayor humedad del suelo. Asimismo, la topografía del lugar facilita su crecimiento ya que este tipo de especie se caracteriza por ser de hábito rastrera.

En la ruta del Palillo la especie predominante es *Nasa urens* (ortiga Negra), esta especie crece en altitudes desde 200 msnm en suelos con canto rodado, arenosos, quebradas y en la parte occidental de lomas, dichas condiciones son óptimas para su crecimiento (Lleellish *et al.*, 2015). Las parcelas de estudio presentaron altitudes entre 223 a 260 msnm con características similares mencionadas anteriormente.

4.1.2. Biomasa herbácea

En la presente investigación la cantidad total de biomasa herbácea en la ruta de la Tara fue de 10.770 t/ha y la del Palillo 2.981 ton/ha. Estos valores son superiores a los 1.13 ton/ha de biomasa herbácea en doce parcelas de bosques secos registrado por Cárdenas, L. (2012), a pesar de usar las mismas dimensiones de 1 x 1m. Esto podría deberse a que la investigación de Cárdenas, L. (2012), se realizó en bosques seco tropical en regeneración con características de población intensivo y explotación minera. Mientras, Vásquez et al (2020) reportó la cantidad de biomasa herbácea de forrajes provenientes de especies nativas obteniendo para Aliso 5,34 t/ha, Pino 3,03 t/ha, Ciprés 3,69 t/ha y Pona 3,68 t/ha, siendo estos resultados no mayores a los de la ruta de la Tara, sin embargo, la ruta del Palillo si presenta menor cantidad. Esto posiblemente se deba a que los sistemas silvopastoriles sirven de suministro ganadero, el uso de distinto método para la estimación de biomasa y la cantidad de parcelas analizadas.



En términos de biomasa herbácea por sectores se obtuvo que la mayor cantidad en la ruta de la Tara fue en el estrato IV con 3.709 t/ha y para la ruta del Palillo en el estrato III con 1.249 t/ha. La ruta de la Tara presenta mayor cantidad de biomasa en el estrato descrito con respecto a Gorbitz (2011) con 2,784 t/ha en el estrato I de la cuenca de Aguaytía. Sin embargo, este autor reporta mayor cantidad de biomasa herbácea con respecto al estrato III de la ruta del Palillo. Esto se debería a que Gorbitz (2011) desarrolló su investigación en plantaciones de 8 años, diferente cantidad de parcelas por estratos (15 y 20) en terrenos de pendiente pronunciada.

4.1.3. Carbono almacenado en biomasa herbáceas

En la presente investigación la cantidad de carbono almacenado en la biomasa herbácea en la ruta de la Tara fue de 5.384 tC/ha. y en la ruta del Palillo fue de 1.490 tC/ha. Estos valores son superiores a los 0.53 tC/ha de Cárdenas, L. (2012). Estos resultados podrían deberse a que los bosques secos costeros tienen una baja capacidad de almacenamiento de carbono en comparación a lomas costeras en temporada húmeda. Mientras Cuellar & Salazar (2016) reportan mayor cantidad de carbono almacenado en la cuenca de Chancay (Costa) obteniendo en bosque primario 9.86 tC/ha, plantación frutal 6.08 tC/ha, pastizal 6.11 tC/ha y cultivo anual 5.47 tC/ha. Esto sería que Cuellar & Salazar (2016) a pesar que realizaron su investigación en terrenos costeros que pertenecen a la misma provincia cuantificaron el carbono en plantaciones con mayor biomasa con diferentes especies herbáceas.

Los autores Ayala & Villa (2014), en su investigación obtuvieron como resultado 115.30 tC/ha en 36 parcelas para herbáceas de paramo del Parque Nacional Yacuri. Estos resultados son mayores a los de la presente investigación, ya que cuentan con mayor cantidad de unidades experimentales y mayor altitud en el terreno. Por otro lado, Oliva et al. (2017) obtuvo un total de captura de carbono de 3.5 tC/ha en las herbáceas nativas de 15 a 20 días. Asimismo, Timoteo (2014) obtuvo resultados similares al de la ruta de la Tara con 5,69 tC/ha en P3 (leucaena, cacao, frejol del palo, bolaina) durante el primer año de su instalación en el distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco. Esto podría deberse a que ambos estudios presentan herbáceas nativas que cumplen un rol importante en la captura de carbono que hace que cada lugar de investigación sea auténtico.



Los resultados también pueden variar de acuerdo a las condiciones del terreno, como se evidencia en la investigación de Jimenez (2019) quien reportó 0.006 tC/ha en un agroecosistema de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el sector Shupishiña – San Martín. Además, Tacarpo (2018), obtuvo 2.808 tC/ha de carbono de las especies de flora predominante de la parte alta del bosque de la comunidad campesina de Tumpa - Yungay. En comparación a la de la presente investigación estos valores de los autores en mención son menores, esto se debería a que las condiciones del lugar de estudio ya que no se realizaron en zonas costeras, presentando estos ecosistemas diferente diversidad florística.

4.1.4. Comparación del carbono almacenado de las rutas

En la investigación la ruta de la Tara presenta mayor cantidad de carbono almacenado en la biomasa herbácea en comparación a la ruta del Palillo. Este resultado podría deberse a que en la primera ruta abunda la especie *Sycios baderoa* (caigua silvestre), influyendo en la cantidad de biomasa, ya que crece en suelos húmedos siendo captadora de humedad por naturaleza y habito rastro, abarcando la mayor cantidad de espacio y cubriendo por completo el terreno (ANEXO n° 19). En cambio, en la ruta del Palillo, a pesar de que las especies predominantes son la *Nasa urens* (ortiga Negra) y *Palaua rhombifolia* (Palaua), se obtuvo menor cantidad de carbono ya que estas herbáceas presentan menor densidad ocasionando que no se distribuya por completo en la ruta (ANEXO n° 20).

4.2 Conclusiones

- Se describió las especies predominantes en las rutas de la Tara y del Palillo, siendo de la primera *Sicyos baderoa* (caigua silvestre) y del segundo *Nasa urens* (ortiga Negra) según el inventario realizado en la investigación.
- Se cuantificó la biomasa herbácea en la ruta de la Tara cuya cantidad fue mayor en el estrato IV con 3.709 y del menor fue en el estrato II con 2.194 t/ha.
- Se cuantificó la biomasa herbácea en la ruta del Palillo cuya cantidad fue mayor en el estrato III con 1.249 t/ha y del menor fue en el estrato IV con 0.341 t/ha.
- Se calculó el carbono almacenado en la ruta de la Tara cuya cantidad fue mayor en el estrato IV con 1.854 tC/ha y del menor fue en el estrato II con 1.097 tC/ha.



- Se calculó el carbono almacenado en la ruta del Palillo cuya cantidad fue mayor en el estrato III con 0.624 tC/ha y del menor fue en el estrato IV con 0.170 tC/ha.
- Se realizó la comparación del carbono de cada una de las rutas de las Lomas de Lachay, del cual se obtuvo que la ruta de la Tara almacena mayor cantidad de carbono en la biomasa herbácea con 1.346 tC/ha. Asimismo, la captura de carbono de la biomasa herbácea de la ruta del Palillo fue 0.373 tC/ha.

4.3. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar la biomasa herbácea en la temporada húmeda que dura entre los meses de agosto a octubre por el desarrollo de la vegetación.
- Para este tipo de ecosistemas de lomas en temporada húmeda donde las especies herbáceas alcanzan su máxima altura, se recomienda que las estacas sean de 90 cm de altura para una mejor visibilidad de las parcelas de estudio.
- Las muestras de herbáceas deben ser analizadas lo más pronto posible para evitar mantener su naturaleza y poder analizarlas a nivel de laboratorio.
- Para complementar la información sobre carbono almacenado, se recomienda realizar mediciones de biomasa de la hojarasca y ecuaciones alométricas de los árboles de la Tara y el Palillo con la finalidad de determinar el carbono en la biomasa aérea.
- Para una investigación más detallada se recomienda realizar el conteo de individuos de hierbas por unidad de estudio.



REFERENCIAS

- Acosta, M., Carrillo, F., Buendía, E., Benavides, J., Flores, Eulogio. & González, L. (2020). Carbono en suelo, hierbas y arbustos en una plantación forestal en Jalisco, México. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1377-1387. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/2427>
- Aguilar, H. (2011). Biomasa sobre el suelo y carbono orgánico en cuatro estadios de sucesión de bosques en la Península de Osa, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 9(22), 22-31. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/360/294>
- Aponte, H. (2016). Nuevo registro de flora para las Lomas de Lachay (Lima, Perú): primer reporte de *Lemna minuta kunth* (Araceae). *Ecología aplicada*, 15(1), 57-60. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i1.583>
- Ayala, L. & Villa, M. (2014). *Cuantificación del carbono existente en el ecosistema páramo del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio digital Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11686>
- Balaguer, L., Arroyo-García, R., Jiménez, P., Jiménez, M., Villegas, L., Cordero, I., Rubio de Casas, R., Fernández-Delgado, R., Ron, M.E., Manrique, E., Vargas, P., Cano, E., Pueyo, J. & Aronson, J. (2011). Forest Restoration in a Fog Oasis: Evidence Indicates Need for Cultural Awareness in Constructing the Reference. *PLoS ONE*, 6(8), 1-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023004>
- Boscato, F. (2015). *Contribución a la gestión del uso público en la Asociación Circuito Turístico Lomas de Lúcumo, Pachacámac, Lima* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1772>



- Cano, A., Roque, J., Arakaki, M., Arana, C., La Torre, M., Llerena, N. & Refulio, N. (1999). Diversidad florística de las lomas de Lachay (Lima) durante el evento "El Niño 1997-98". *Rev. peru. biol. Vol. Extraordinario. 125-132.*
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/8438/7326>
- Cárdenas, L. (2012). *Biomasa y depósitos de carbono en bosques en regeneración del Ecoparque Bataclán (Cali, Colombia)* [tesis de pregrado, Universidad del Valle, Colombia]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/8717>
- Casanoves, F., Cifuentes, M. & Chacón, M. (2017). *Estimación del carbono a partir de inventarios forestales nacionales: Buenas prácticas para la recolección, manejo y análisis de datos* (1.ª ed.). CATIE. <http://hdl.handle.net/11554/8696>
- Castañeda, G. (2014). Contribución de carbono de la hojarasca en dieciséis sistemas de uso de tierra a lo largo de la carretera Tarapoto-Yurimaguas [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Nacional Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2402>
- Concha, J., Alegre, J. & Pocomucha, V. (2007). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao L.* en el departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 6(1,2), 75-82.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v6n1-2/a09v6n1-2.pdf>
- Cuellar, J. & Salazar, E. (2016). Dinámica del carbono almacenado en los diferentes sistemas de uso de la tierra del Perú; base para una estrategia de mitigación ante el cambio climático [congreso]. *XII Congreso Nacional Forestal CONAFOR*, Lima Perú.
<http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/363>



- Del Castillo, J. (2016). *Estudio de la variación espacio-temporal de la comunidad vegetal de las Lomas de Carabayllo (Lima, Perú) durante el 2013 como contribución a su gestión* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3167>
- Dillon, M., Leiva, S; Zapata, M; Lezama, P. & Quipuscoa, V. (2011). Floristic Checklist of the Peruvian Lomas Formations. *Arnaldoa*, 18(1), 7-32. https://www.researchgate.net/publication/288653554_Floristic_checklist_of_the_Peruvian_Lomas_Formations
- Espinoza-Domínguez, W., Krishnamurthy, L., Vázquez-Alarcón, A. & Torres-Rivera, A. (2012). Almacén de carbono en Sistemas Agroforestales con Café. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18(1), 57-70. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.04.030>
- Fluker, R. & Sánchez, V. (2016). *Captura de carbono en un sistema silvopastoril con Aliso (Alnus acuminata), en el distrito de Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas 2016* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza]. Repositorio Institucional UNTRM. <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1221>
- Fu, D., Bu, B., Wu, J. & Singh, R. P. (2018). Investigation on the carbon sequestration capacity of vegetation along a heavy traffic load expressway. *Journal of Environmental Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.098>
- González, E. (2020). La educación frente a la emergencia sanitaria y del cambio climático. *Perfiles educativos*, 42(170), 54-62. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982020000400021



González, L. (2015). Causas, consecuencias y soluciones: Ciencia y cambio climático en el discurso informativo de Clarín. *La Trama de la comunicación*, 19,307-328.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323936839017>

Gorbitz, G. (2011). *Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea en Plantaciones de 8 años de Calycophyllum spruceanum b. en el Valle del Aguaytía* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1670>

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis.

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2019). *Informe Especial del IPCC sobre Cambio Climático y la Tierra: ¿Qué significa para América Latina?*. Cape Town: Alianza Clima y Desarrollo (CDKN), Overseas Development Institute, SouthSouthNorth y Fundación Futuro Latinoamericano.

https://cdkn.org/wp-content/uploads/2020/04/WEB-IPCC-Land_Latin-America_Spanish_24March2020.pdf

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*

(5.^{ta} ed.). Mc Graw Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.

<https://upvv.clavijero.edu.mx/cursos/LEB0742/documentos/Metodologiadelainvestigacion.pdf>

Hidalgo, R. (2014). Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y del suelo del bosque yungueño montano pluviestacional de la concesión para conservación, Alto Huayabamba-San Martín [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria de la Selva.

<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/610>



- Houghton, R.A. (2005). Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance. *Global Change Biology*, 11(6), 945-958. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00955.x>
- Huamancayo, G. (2013). *Carbono almacenado en tres sistemas ganaderos en el distrito de José Crespo y Castillo, Aucayacu* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de La Selva]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria de La Selva. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/822>
- Jiménez, E. (2019). *Estimación de la cantidad de carbono almacenado en un agroecosistema de cacao (Theobroma cacao L.) en el sector Shupishiña - San Martín* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Martín. <http://hdl.handle.net/11458/3506>
- La Rosa, R., Canto, N., Castillo, A. & Espinoza, M. (2013). Reintroducción de tres especies de plantas en el cerro “El Agustino”, Lima – Perú. *The Biologist*, 11(2), 185-192. <http://dx.doi.org/10.24039/rtb2013112397>
- Lao, L. (2017). *Captura de carbono mediante estimación de biomasa aérea y necromasa en la zona de aguajales del Alto Mayo, sector Tingana Moyobamba-San Martín 2017* [tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Digital Institucional Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/3563>
- Larrea, G. (2007). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de combinaciones agroforestales de *Theobroma cacao* L. & determinación de la ecuación alométrica para el cacao [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/1152>
- Leiva, S., Zapata., M., Gayoso, G. & Chang, L. (2014). Diversidad Florística de la Loma Cerro Campana, Provincia Trujillo, Departamento La Libertad-Perú. *Arnaldoa*, 21 (1), 187 – 220.



<http://www.upao.edu.pe/Museo/pdf/12%20Diversidad%20Flor%C3%ADstica%20de%20la%20Loma%20Cerro%20Campana.pdf>

Lleellish, M., Odar, J. & Trinidad, H. (2015). *Guía de flora de las lomas de Lima* (1.^a ed.). Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR).
<http://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/484>

Banco Mundial (2011). Capítulo 5. Medición del carbono de los usos de la tierra. En *Manual de capacitación: Estimación de los costos de Oportunidad de REDD +*.
https://www.forestcarbonpartnership.org/system/files/documents/05_capitulo%2005%20Medicion%20del%20carbono%20de%20los%20usos%20del%20suelo.pdf

Maquera, D. (2017). *Determinación del contenido de carbono por especie forestal en el bosque del CIP Camacani - UNA- Puno por titulación* [tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6183>

Martel, C. & Cairampoma, L. (2012). Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en “Cidra”, Madre de Dios (Perú). *Ecología Aplicada*, 11(2), 59-65. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v11i1-2.426>

Melgarejo, C., Corro, V., Ruiz, M., Sánchez, M. & Calderón A. (2015). Inventario Nacional Forestal y de Carbono - Panamá: Manual de campo. ONU-REDD. https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=102330

Mena, J., Williams, M., Gazzolo, C. & Montero, F. (2007). Estado de conservación de *Melanomys zunigae* (Sanborn 1949) y de los mamíferos pequeños en las Lomas de Lima. *Rev. peru. biol.*, 14(2), 201- 207.
<https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htm>



Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019). Sistema de Lomas Costeras: Formulario de Presentación Lista Indicativa.

<https://patrimoniomundial.cultura.pe/sites/default/files/li/pdf/17.%20Sistema%20de%20Lomas%20-%20Esp.pdf>

Miyasiro, M. & Ortiz, M. (2016). *Estimación mediante la teledetección de la variación de la cobertura vegetal en las lomas del distrito de Villa María del Triunfo por la expansión urbana y minera (1986-2014)* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Cybertesis UNMSM. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/5281>

Nieuwland, B. & Mamani, J. M. (2017). Las lomas de Lima: Enfocando ecosistemas desérticos como espacios abiertos en Lima metropolitana. *Espacio y Desarrollo*, 29, 109-133. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201701.005>

Oliva, M., Culqui, L., Leiva, S., Collazos, R., Salas, R., Vásquez, H. & Quintana, J. (2017). Reserva de carbono en un sistema silvopastoril compuesto de *Pinus patula* y herbáceas nativas. *Scientia Agropecuaria*, 8(2), 149 – 157. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.02.07>

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1998). Convención Marco de las Naciones Unidas. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Pallqui, N. (2013). *Dinámica de un bosque tropical: Biomasa aérea y análisis en parcelas permanentes a largo plazo, Reserva Nacional Tambopata - Madre de Dios* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional – UNSAAC. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/885>



- Pizarro, S. (2017). *Degradación y vulnerabilidad al cambio climático en pastizales altoandinos* [tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2916>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2018). *Retos y oportunidades en la conservación de las lomas de Lima Metropolitana* (1.ª ed.). Proyecto Eba Lomas. <https://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/library/eba-lomas.html>
- Quiñe, P. (2009). *Cuantificación de biomasa y reserva de carbono en sistemas agroforestales de café (Coffea arabica L.) en dos pisos altitudinales* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional Digital UNSM. <http://hdl.handle.net/11458/1131>
- Romero, A., Medina, Max. & Ocaña, J. (2018). Caracterización biológica durante el fenómeno “El Niño” en el ecosistema de las Lomas de Lachay. *Anales Científicos*, 79(2), 316-327. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v79i2.1003>
- Rügnitz, M., Chacón, M. & Porro, R. (2009). *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales* (1.ª ed.). Centro Mundial Agroforestal (ICRAF). <http://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/B16291.pdf>
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). (2013a). *Diagnóstico del plan maestro Reserva Nacional de Lachay 2013-2018*. http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/PLANES_MAESTROS_2013/Plan%20maestro%202013%20-%202018%20RN%20Lachay%20ver%20aprob.pdf
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). (2013b). *Gestión del agua y biodiversidad en la Reserva Nacional Lomas de Lachay*. <https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp->



[content/uploads/sites/11/2015/01/Gesti%
Reserva-Nacional-De-Lachay.docx.pdf](content/uploads/sites/11/2015/01/Gesti%c3%b3n-del-Agua-y-Biodiversidad-en-la-Reserva-Nacional-De-Lachay.docx.pdf)

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). (2019). Reserva Nacional de Lachay Plan Maestro 2019-2023. http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/baselegal/Resoluciones_Presidenciales/2019/RP%20071-2019-SERNANP.pdf

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2016). *Memoria descriptiva del mapa de ecozonas, Inventario nacional forestal y de fauna silvestre (INFFS) – Perú* (1.^a ed.). <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/memoria-descriptiva-mapa-ecozonas-inventario-nacional-forestal-fauna>

Sotomayor, D. & Jiménez, P. (2008). Condiciones meteorológicas y dinámica vegetal del ecosistema costero Lomas de Atiquipa (Cavelí – Arequipa) en el sur del Perú. *Ecología Aplicada*, 7(1,2), 1-8. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a01v7n1-2.pdf>

Stolarski, M., Śnieg, M., Krzyżaniak, M., Tworkowski, J., Szczukowski, S., Graban, L. & Lajszner, W. (2018). Short rotation coppices, grasses and other herbaceous crops: Biomass properties versus 26 genotypes and harvest time. *Industrial Crops and Products*, 119, 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.03.064>

Tacarpo, A. (2018). *Estimación del potencial de captura de las especies de flora predominante de la parte alta del bosque de la comunidad campesina de Tumpa – Provincia de Yungay, 2018* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago de Antúnez de Mayolo]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Santiago de Antúnez de Mayolo. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2780>

Tavera, J. (2015). Tecnología, cambio climático y el sector forestal. *Pensamiento crítico*, 20(1), 145-154. <https://doi.org/10.15381/pc.v20i1.11488>



- Tigmasa, L. (2020). *Evaluación del efecto del cambio climático como amenaza para el sector agrícola de la parroquia Izamba, Cantón Ambato* [tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/31434>
- Timoteo, K., Remuzgo, J., Valdivia, L., Sales-Dávila, F., García-Soria, D. & Abanto-Rodríguez, C. (2016). Estimación del carbono almacenado en tres sistemas agroforestales durante el primer año de instalación en el departamento de Huánuco. *Folia Amazónica*, 25 (1), 45 – 54. <https://doi.org/10.24841/fa.v25i1.382>
- Timoteo, K. (2014). *Carbono almacenado en tres sistemas agroforestales (SAF) durante el primer año de su instalación en el distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1068>
- Vásquez, C. (2015). *Biomasa y carbono almacenado en los fustes de los árboles del bosque de terraza alta de la comunidad de San Pedro-quebrada Blanco, Loreto-Perú, 2013* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional Digital Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4961>
- Vásquez, H., Valqui, L., Alegre, J., Gómez C. & Maicelo, J. (2020). Análisis de cuatro sistemas silvopastoriles en Perú: Caracterización física y nutricional de pasturas, composición florística, reserva de carbono y CO. *Scientia Agropecuaria*, 11(2), 167-176. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.03>
- Yáñez, A. (2004). La captura de carbono en bosques: ¿una herramienta para la gestión ambiental. *Gaceta Ecológica* (70), 5-18. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53907001.pdf>

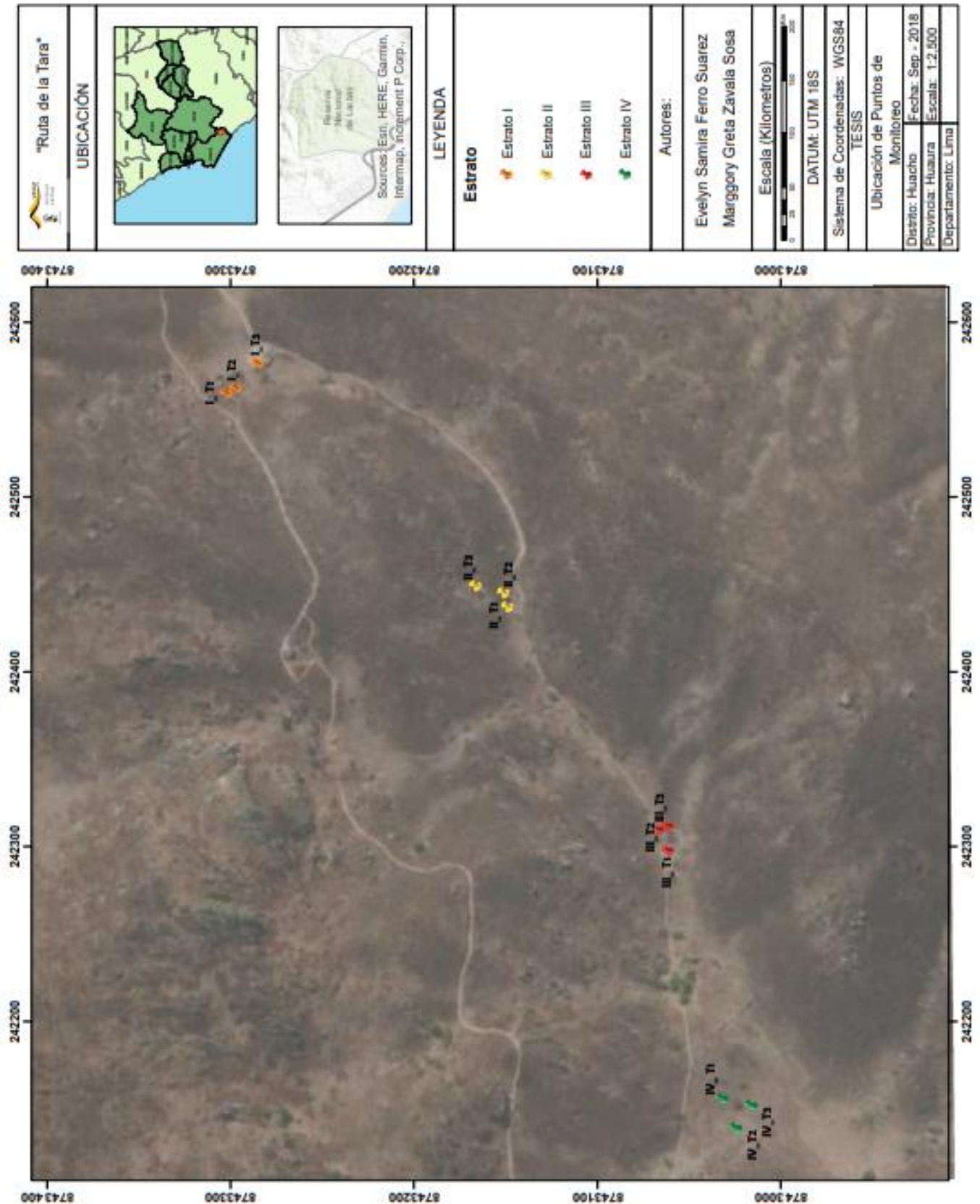


- Yepes, A., Navarrete, D., Duque, A., Phillips, J., Cabrera, K., Álvarez, E., García, M. & Ordoñez, M. (2011). *Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa-carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Editorial Scripto.*
http://www.ideam.gov.co/documents/13257/13548/Protocolo+para+la+estimaci%C3%B3n+nacional+y+subnacional_1.pdf/11c9d26b-5a03-4d13-957e-0bcc1af8f108
- Zhang, H., Song, T., Wang, K., Du, H., Yue, Y., Wang, G. & Zeng, F. (2014). Biomass and carbon storage in an age-sequence of *Cyclobalanopsis glauca* plantations in southwest China. *Ecological Engineering*, 73, 184-191.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.008>



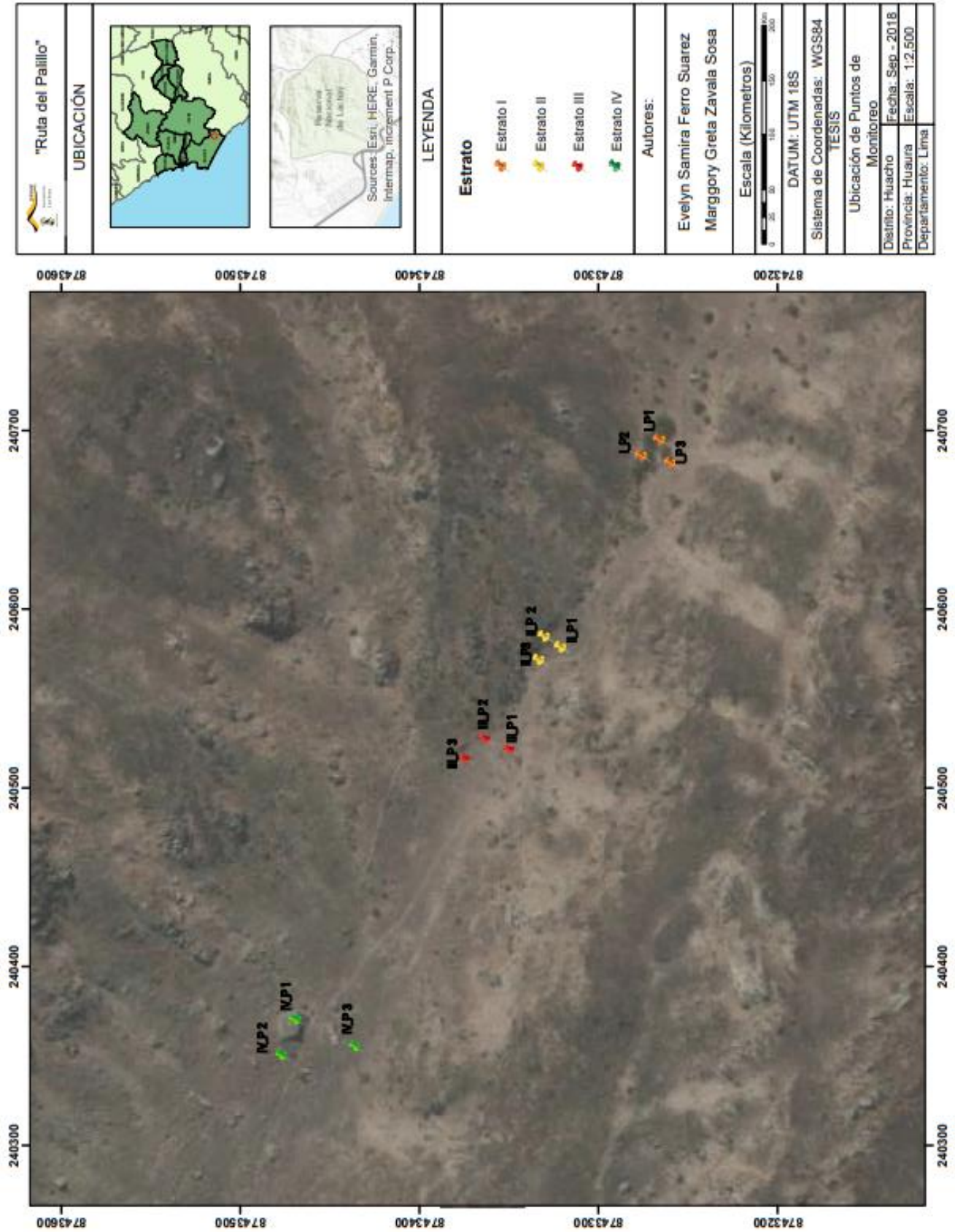
ANEXOS

ANEXO n.º 1. Ubicación de parcelas de la Ruta de la Tara





ANEXO n.º 2. Ubicación de parcelas de la Ruta del Palillo





ANEXO n.º3. Ficha para el inventario de especies herbáceas

INVENTARIO DE ESPECIES		
N° PUNTO MUESTREO		DIVERSIDAD DE ESPECIE
I	Parcela:	
	Coordenadas	
	X: Y:	
	Parcela:	
	Coordenadas	
	X: Y:	
	Parcela:	
	Coordenadas	
	X: Y:	
II	Parcela:	
	Coordenadas	
	X: Y:	
	Parcela:	
	Coordenadas	
	X: Y:	
	Parcela:	
	Coordenadas	
	X: Y:	
III	Parcela:	
	Coordenadas	
	X: Y:	
	Parcela:	
	Coordenadas	
	X: Y:	
	Parcela:	
	Coordenadas	
	X: Y:	
IV	Parcela:	
	Coordenadas	
	X: Y:	
	Parcela:	
	Coordenadas	
	X: Y:	
	Parcela:	
	Coordenadas	
	X: Y:	



ANEXO n.º4. Ficha para el cálculo de carbono en la biomasa herbácea

REPORTE DE LABORATORIO				
N° PUNTO MUESTREO		PESO FRESCO TOTAL (g)	PESO FRESCO DE MUESTRA (g)	PESO SECO DE MUESTRA (g)
I	1			
	2			
	3			
II	1			
	2			
	3			
III	1			
	2			
	3			
IV	1			
	2			
	3			



ANEXO n.º5. Determinación de biomasa herbácea (t/ha) de la ruta de la Tara

Sector	Parcela	Peso fresco total (g)	Peso fresco muestra (g)	Peso seco muestra (g)	Biomasa (t/ha)
I	IT1	562.105	50	20.715	2.3288
	IT2	279.165	50	41.063	2.2927
	IT3	308.025	50	40.712	2.5081
II	IIT1	324.281	50	42.461	2.7539
	IIT2	247.375	50	40.417	1.9996
	IIT3	212.696	50	42.965	1.8277
III	IIIT1	284.992	50	39.543	2.2539
	IIIT2	375.445	50	39.591	2.9728
	IIIT3	241.754	50	46.467	2.2467
IV	IVT1	791.225	50	24.968	3.9511
	IVT2	596.595	50	32.459	3.8730
	IVT3	426.235	50	38.732	3.3018



ANEXO n.º6. Determinación de biomasa herbácea (t/ha) de la ruta del Palillo

Sector	Parcela	Peso fresco total (g)	Peso fresco muestra (g)	Peso seco muestra (g)	Biomasa (t/ha)
I	IP1	106.565	50	37.618	0.802
	IP2	60.855	50	39.595	0.482
	IP3	110.13	50	29.7	0.654
II	IIP1	250.865	50	25.640	1.286
	IIP2	61.36	50	38.26	0.470
	IIP3	64.375	50	37.23	0.479
III	IIIP1	64.11	50	39.86	0.511
	IIIP2	206.65	50	36.28	1.499
	IIIP3	217.73	50	39.86	1.736
IV	IVP1	52.66	50	29.42	0.310
	IVP2	54.045	50	33.83	0.366
	IVP3	52.665	50	32.965	0.347



ANEXO n.º7. Identificación de herbáceas de las rutas de estudio



a: *Sicyos baderosa*, b: *Palaua rhombifolia*, c: *Rostraria trachyantha*,
d: *Nasa urens*, e: *Nicotiana paniculata*



ANEXO n.º8. Biomasa herbácea (t/ha) de la ruta de la Tara

Sector	Parcela	Biomasa herbácea (t/ha) por parcela	Biomasa herbácea (t/ha) por sector
I	IP1	2.329	2.377
	IP2	2.293	
	IP3	2.508	
II	IIP1	2.754	2.194
	IIP2	2.000	
	IIP3	1.828	
III	IIIP1	2.254	2.491
	IIIP2	2.973	
	IIIP3	2.247	
IV	IVP1	3.951	3.709
	IVP2	3.873	
	IVP3	3.302	



ANEXO n.º9. Biomasa herbácea (t/ha) de la ruta del Palillo

Sector	Parcela	Biomasa herbácea (t/ha) por parcela	Biomasa herbácea (t/ha) por sector
I	IP1	0.802	0.646
	IP2	0.482	
	IP3	0.654	
II	IIP1	1.286	0.745
	IIP2	0.470	
	IIP3	0.479	
III	IIIP1	0.511	1.249
	IIIP2	1.499	
	IIIP3	1.736	
IV	IVP1	0.310	0.341
	IVP2	0.366	
	IVP3	0.347	



ANEXO n.º10. Carbono en biomasa herbácea de la ruta de la Tara

Sector	Parcela	Carbono en biomasa herbácea (tC/ha) por parcela	Carbono en biomasa herbácea (tC/ha) por sector
I	IP1	1.164	
	IP2	1.146	1.188
	IP3	1.254	
II	IIP1	1.377	
	IIP2	1.000	1.097
	IIP3	0.914	
III	IIIP1	1.127	
	IIIP2	1.486	1.246
	IIIP3	1.123	
IV	IVP1	1.976	
	IVP2	1.936	1.854
	IVP3	1.651	



ANEXO n.º 11. Carbono en biomasa herbácea de la ruta del Palillo

Sector	Parcela	Carbono en biomasa herbácea (tC/ha) por parcela	Carbono en biomasa herbácea (tC/ha) por sector
I	IP1	0.401	0.323
	IP2	0.241	
	IP3	0.327	
II	IIP1	0.643	0.373
	IIP2	0.235	
	IIP3	0.240	
III	IIIP1	0.256	0.624
	IIIP2	0.750	
	IIIP3	0.868	
IV	IVP1	0.155	0.170
	IVP2	0.183	
	IVP3	0.174	



ANEXO n.º12. Contrastación de hipótesis Biomasa herbácea Ruta de la Tara

Prueba de ANOVA

Mediante esta prueba se determinó si existe una diferencia estadísticamente significativa.

Datos de los sectores de biomasa herbácea de la Ruta de la Tara para la Prueba ANOVA

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
I	3	7.129534254	2.376511418	0.013305671
II	3	6.581186911	2.19372897	0.242699683
III	3	7.473452954	2.491150985	0.1740373
IV	3	11.12582339	3.708607795	0.125651835

Prueba ANOVA aplicado a los sectores de la biomasa herbácea de la Ruta de la Tara

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4.264913403	3	1.421637801	10.23323304	0.00410477	4.066180551
Dentro de los grupos	1.111388977	8	0.138923622			
Total	5.37630238	11				

Aplicación de ANOVA para validación de Hipótesis.

H0: NO existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” durante la temporada húmeda, 2018.

Ha: Existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” durante la temporada húmeda, 2018.

Asimismo, el valor de la probabilidad es menor que el nivel de significancia (0.05), lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Prueba de Duncan

Al determinar con la Prueba de ANOVA que existe una diferencia significativa, se realizó la prueba de Duncan para determinar cuáles pares de medias son diferentes.

Hipótesis:

H0: NO existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” durante la temporada húmeda, 2018.



Ha: Existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” durante la temporada húmeda, 2018.

Prueba de Duncan para los sectores de la biomasa herbácea de la Ruta de la Tara

Pares de medias	Diferencia de la media	Rp	Significado
Diferencia de II y I	0.1828	0.7015	No existe diferencia significativa
Diferencia de I y III	0.1146	0.7295	No existe diferencia significativa
Diferencia de III y IV	1.2175	0.7015	Existe Diferencia significativa
Diferencia de I y IV	1.3321	0.7467	Existe diferencia significativa
Diferencia de II y IV	1.5149	0.7295	Existe diferencia significativa
Diferencia de II y III	0.2974	0.7015	No existe diferencia significativa

Nota: Prueba de Duncan para un nivel de significancia de 0.05.

Se concluye que al comparar los pares de medias II y I NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores (II y I) de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara”.

Al comparar los pares de medias I y III NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores (I y III) de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara”.

Al comparar los pares de medias III y IV existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se rechaza la (H0) y se acepta la (Ha) que indica que existe una diferencia



significativa de biomasa herbácea en los sectores (III y IV) de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara”.

Al comparar los pares de medias I y IV existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se rechaza la (H0) y se acepta la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores (I y IV) de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara”.

Al comparar los pares de medias II y IV existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se rechaza la (H0) y se acepta la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores (II y IV) de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara”.

Al comparar los pares de medias II y III, NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores (II y III) de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara”.



ANEXO n.º13. Contrastación de hipótesis Biomasa herbácea Ruta del Palillo

Prueba de ANOVA

Mediante esta prueba se determinó si existe una diferencia estadísticamente significativa.

Datos de los sectores de biomasa herbácea de la Ruta del Palillo para la Prueba ANOVA

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
I	3	1.9378	0.645933333	0.025619263
II	3	2.2352	0.745066667	0.219805343
III	3	3.7463	1.248766667	0.422061693
IV	3	1.0228	0.340933333	0.000807863

Prueba ANOVA aplicado a los sectores de la biomasa herbácea de la Ruta del Palillo

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1.280594436	3	0.426864812	2.554951609	0.128436986	4.066180551
Dentro de los grupos	1.336588327	8	0.167073541			
Total	2.617182763	11				

Aplicación de ANOVA para validación de Hipótesis.

H0: NO existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo” durante la temporada húmeda, 2018.

Ha: Existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo” durante la temporada húmeda, 2018.

El valor de la probabilidad es mayor que el nivel de significancia (0.05), por lo que no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula.

Prueba de Duncan

Al determinar con la Prueba de ANOVA que no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, se realizó la prueba de Duncan para determinar si existen pares de medias diferentes.

Hipótesis:



H0: NO existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo” durante la temporada húmeda, 2018.

Ha: Existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo” durante la temporada húmeda, 2018.

Prueba de Duncan para los sectores de la biomasa herbácea de la Ruta del Palillo

Pares de medias	Diferencia de la media	Rp	Significado
Diferencia de IV y I	0.3050	0.8189	No existe diferencia significativa
Diferencia de I y II	0.0991	0.7693	No existe diferencia significativa
Diferencia de II y III	0.5037	0.7693	No existe diferencia significativa
Diferencia de IV y III	0.9078	0.7693	Existe diferencia significativa
Diferencia de I y III	0.6028	0.8	No existe diferencia significativa
Diferencia de IV y II	0.4041	0.8	No existe diferencia significativa

Nota: Prueba de Duncan para un nivel de significancia de 0.05.

Se concluye que al comparar los pares de medias IV y I NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores (IV y I) de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo”.

Al comparar los pares de medias I y II NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores (I y II) de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo”.

Al comparar los pares de medias II y III NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una



diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores (II y III) del *Capparis prisca* “Palillo”.

Al comparar los pares de medias IV y III existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se rechaza la (H0) y se acepta la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores (IV y III) de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo”.

Al comparar los pares de medias I y III NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores (I y III) de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo”.

Al comparar los pares de medias IV y II, NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de biomasa herbácea en los sectores (IV y II) de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo”.



ANEXO n.º14. Contrastación de hipótesis Carbono almacenado en la Ruta de la Tara

Prueba de ANOVA

Mediante esta prueba se determinó si existe una diferencia estadísticamente significativa.

Datos de carbono almacenado por sectores de la Ruta de la Tara para la Prueba ANOVA

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
I	3	3.564767127	1.188255709	0.003326418
II	3	3.290593456	1.096864485	0.060674921
III	3	3.736726477	1.245575492	0.043509325
IV	3	5.562911693	1.854303898	0.031412959

Prueba ANOVA aplicado al carbono almacenado por sectores de la Ruta de la Tara

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1.066228351	3	0.35540945	10.23323304	0.00410477	4.066180551
Dentro de los grupos	0.277847244	8	0.034730906			
Total	1.344075595	11				

Aplicación de ANOVA para validación de Hipótesis.

H0: NO existe una diferencia significativa del carbono almacenado en la biomasa herbácea en los sectores de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” durante la temporada húmeda, 2018.

Ha: Existe una diferencia significativa del carbono almacenado en la biomasa herbácea en los sectores de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” durante la temporada húmeda, 2018.

Asimismo, el valor de la probabilidad es menor que el nivel de significancia (0.05), lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Prueba de Duncan

Al determinar con la Prueba de ANOVA que existe una diferencia significativa, se realizó la prueba de Duncan para determinar cuáles pares de medias son diferentes.



Hipótesis:

H0: NO existe una diferencia significativa del carbono almacenado en la biomasa herbácea en los sectores de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” durante la temporada húmeda, 2018.

Ha: Existe una diferencia significativa del carbono almacenado en la biomasa herbácea en los sectores de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara” durante la temporada húmeda, 2018.

Prueba de Duncan para la cantidad de carbono promedio (tC/ha) de las parcelas de la ruta de la Tara por sector

Pares de medias	Diferencia de la media	Rp	Significado
Diferencia de II y I	0.0914	0.3508	No existe diferencia significativa
Diferencia de I y IV	0.6660	0.3734	Existe diferencia significativa
Diferencia de I y III	0.0573	0.3648	No existe diferencia significativa
Diferencia de III y IV	0.6087	0.3508	Existe diferencia significativa
Diferencia de II y III	0.1487	0.3508	No existe diferencia significativa
Diferencia de II y IV	0.7574	0.3648	Existe diferencia significativa

Nota: Prueba de Duncan para un nivel de significancia de 0.05.

Se concluye que al comparar los pares de medias II y I NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa del carbono almacenado en la biomasa herbácea de los sectores (II y I) de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara”.

Al comparar los pares de medias I y IV existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se rechaza la (H0) y se acepta la (Ha) que indica que existe una diferencia



significativa del carbono almacenado en la biomasa herbácea de los sectores (I y IV) de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara”.

Al comparar los pares de medias I y III NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de carbono almacenado en la biomasa herbácea de los sectores (I y III) de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara”.

Al comparar los pares de medias III y IV existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se rechaza la (H0) y se acepta la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de carbono almacenado en la biomasa herbácea de los sectores (III y IV) de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara”.

Al comparar los pares de medias II y III NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de carbono almacenado en la biomasa herbácea de los sectores (II y III) de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara”.

Al comparar los pares de medias II y IV, existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se rechaza la (H0) y se acepta la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de carbono almacenado en la biomasa herbácea de los sectores (II y IV) de la ruta de la *Caesalpinia spinosa* “Tara”.



ANEXO n.º15. Contrastación de hipótesis Carbono almacenado en la Ruta del Palillo

Prueba de ANOVA

Mediante esta prueba se determinó si existe una diferencia estadísticamente significativa.

Datos de carbono almacenado por sectores de la Ruta del Palillo para la Prueba ANOVA

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
I	3	0.969	0.323	0.00640461
II	3	1.1177	0.372566667	0.0549378
III	3	1.8731	0.624366667	0.10553977
IV	3	0.5133	0.1711	0.00022819

Prueba ANOVA aplicado al carbono almacenado por sectores de la Ruta del Palillo

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.319346296	3	0.106448765	2.54798696	0.12906359	4.066180551
Dentro de los grupos	0.334220753	8	0.041777594			
Total	0.653567049	11				

Aplicación de ANOVA para validación de Hipótesis.

H0: NO existe una diferencia significativa del carbono almacenado en la biomasa herbácea en los sectores de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo” durante la temporada húmeda, 2018.

Ha: Existe una diferencia significativa del carbono almacenado en la biomasa herbácea en los sectores de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo” durante la temporada húmeda, 2018.

El valor de la probabilidad es mayor que el nivel de significancia (0.05), por lo que no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula.

Prueba de Duncan

Al determinar con la Prueba de ANOVA que no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, se realizó la prueba de Duncan para determinar si existen pares de medias diferentes.



Hipótesis:

H0: NO existe una diferencia significativa del carbono almacenado en la biomasa herbácea en los sectores de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo” durante la temporada húmeda, 2018.

Ha: Existe una diferencia significativa del carbono almacenado en la biomasa herbácea en los sectores de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo” durante la temporada húmeda, 2018.

Prueba de Duncan para la cantidad de carbono promedio (tC/ha) de las parcelas de la Ruta del Palillo por sector

Pares de medias	Diferencia de la media	Rp	Significado
Diferencia de IV y I	0.1519	0.4095	No existe diferencia significativa
Diferencia de I y II	0.0496	0.3847	No existe diferencia significativa
Diferencia de II y III	0.2518	0.3847	No existe diferencia significativa
Diferencia de IV y III	0.4533	0.3847	Existe diferencia significativa
Diferencia de I y III	0.3014	0.4	No existe diferencia significativa
Diferencia de IV y II	0.2015	0.4	No existe diferencia significativa

Nota: Prueba de Duncan para un nivel de significancia de 0.05

Se concluye que al comparar los pares de medias IV y I NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de carbono almacenado en la biomasa herbácea de los sectores (IV y I) de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo”.

Al comparar los pares de medias I y II NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia



significativa de carbono almacenado en la biomasa herbácea de los sectores (I y II) de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo”.

Al comparar los pares de medias II y III NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de carbono almacenado en la biomasa herbácea de los sectores (II y III) del *Capparis prisca* “Palillo”.

Al comparar los pares de medias IV y III existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se rechaza la (H0) y se acepta la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de carbono almacenado en la biomasa herbácea de los sectores (IV y III) de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo”.

Al comparar los pares de medias I y III NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de carbono almacenado en la biomasa herbácea de los sectores (I y III) de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo”.

Al comparar los pares de medias IV y II, NO existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se acepta la (H0) y se rechaza la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa de carbono almacenado en la biomasa herbácea de los sectores (IV y II) de la ruta del *Capparis prisca* “Palillo”.



ANEXO n.º16. Contrastación de hipótesis de la comparación de rutas

Prueba de Duncan

Se realizó la prueba de Duncan para determinar si existen pares de medias diferentes.

Hipótesis:

H0: NO existe una diferencia significativa en la comparación de carbono almacenado en la biomasa herbácea de cada ruta de la Reserva Nacional de Lachay durante la temporada húmeda, 2018.

Ha: Existe una diferencia significativa en la comparación de carbono almacenado en la biomasa herbácea de cada ruta de la Reserva Nacional de Lachay durante la temporada húmeda, 2018.

Prueba de Duncan para la comparación de carbono almacenado en la biomasa herbácea de cada ruta de la Reserva Nacional de Lachay durante la temporada húmeda, 2018.

Pares de medias	Diferencia de la media	Rp	Significado
Diferencia de P y T	0.9737	0.2549	Existe diferencia significativa

Nota: Prueba de Duncan para un nivel de significancia de 0.05.

Se concluye que al comparar los pares de medias de carbono almacenado en la biomasa herbácea de la Ruta de la Tara y de la Ruta del Palillo existe diferencia significativa según la prueba de Duncan, por ende, se rechaza la (H0) y se acepta la (Ha) que indica que existe una diferencia significativa en la comparación de carbono almacenado en la biomasa herbácea de la Ruta de la Tara y de la Ruta del Palillo de la Reserva Nacional de Lachay durante la temporada húmeda, 2018.



ANEXO n.º17. Promedio de medias y error estándar para la biomasa herbácea y carbono almacenado por cada sector de la Ruta de la Tara y de la Ruta del Palillo

Biomasa herbácea (t/ha)	Ruta de la Tara	Ruta del Palillo	Carbono almacenado (tC/ha)	Ruta de la Tara	Ruta del Palillo
Sector I	2.3765 ± 0.0666	0.6459 ± 0.0924	Sector I	1.1883 ± 0.0333	0.3230 ± 0.0462
Sector II	2.1937 ± 0.2844	0.7451 ± 0.2707	Sector II	1.0969 ± 0.1422	0.3726 ± 0.1353
Sector III	2.4912 ± 0.2409	1.2488 ± 0.3751	Sector III	1.2466 ± 0.1204	0.6244 ± 0.1876
Sector IV	3.7086 ± 0.2047	0.3409 ± 0.0164	Sector IV	1.8543 ± 0.1023	0.1711 ± 0.0087



ANEXO n.º18. Promedio de medias y error estándar para la comparación de carbono almacenado en la biomasa herbácea de cada ruta de estudio

Carbono almacenado (tC/ha)	
Ruta de la Tara	Ruta del Palillo
1.3462 ± 0.2018	0.3726 ± 0.1408



ANEXO n.º19. Especie más frecuente en la ruta de la Tara



Sicyos baderoa (caigua silvestre)



ANEXO n.º20. Especie más frecuente en la ruta del Palillo



Nasa urens (ortiga Negra)