



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

**“Estimación de secuestro de carbono en los rodales de *Puya Raimondii Harms* en el  
Santuario Nacional de Calipuy “**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTORES:**

Aguilar Burgos, Mirely Gretty (ORCID: 0000-0001-5585-5194)

Ponte Leon, Jose (ORCID: 0000-0002-6729-4280)

**ASESOR:**

Villacorta Gonzalez, Misael Ydilbrando (ORCID: 0000-0002-5346-4824)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

**TRUJILLO – PERÚ**

**2019**

## DEDICATORIA

El esfuerzo del desarrollo de este trabajo de investigación va dedicado, en primer lugar, a Dios por guiarnos en este camino y fortalecernos espiritualmente y mentalmente para alcanzar nuestra meta.

A cada una de nuestras familias, en especial a nuestros padres, porque gracias a ellos y sus consejos pudimos desarrollar este trabajo de investigación.

## AGRADECIMIENTO

Agradecer a la Universidad César Vallejo por ser la casa de estudio y alma mater donde se nos dio la formación profesional - educativa.

A nuestros asesores, German Huerta Chombo y Misael Villacorta Gonzales, por brindarnos sus conocimientos y su guía que fueron claves para poder desarrollar esta investigación.

A cada una de nuestras familias por su paciencia, comprensión y sobre todo por la confianza puesta en cada uno de nosotros, para la realización de esta investigación.

A la ing. Kaory Sayra por brindarnos sus conocimientos, consejos y su apoyo en el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al SERNAP especialmente al personal que trabaja en el Santuario Nacional de Calipuy, por ser nuestros guías en el área de estudio

Y finalmente, a todos los que colaboraron con nuestra formación profesional y con la realización de la presente tesis, nuestro más profundo agradecimiento.

## **Página del jurado**

## Página del jurado

## **Declaratoria de autenticidad**

### **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, **Mirely Grety Aguilar Burgos**, identificado con DNI N° 70294255, estudiante de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la Universidad Cesar Vallejo sede TRUJILLO; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, julio 19 de 2019



---

**Mirely Grety Aguilar Burgos**

DNI: 70294255

## Declaratoria de autenticidad

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **Jose Ponte Leon**, identificado con DNI N°74090303 estudiante de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la Universidad Cesar Vallejo sede TRUJILLO; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, julio 19 de 2019



---

**Jose Ponte Leon**

DNI: 74090303

# ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página Del Jurado.....	iv
Declaratoria De Autenticidad.....	vi
Índice .....	viii
Índice de figuras.....	ix
Índice de tablas.....	x
Resumen.....	1
Abstract.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. MÉTODO .....	11
2.1. Tipo y diseño de investigación .....	11
2.2. Operacionalización de Variables .....	11
2.3. Población, Muestra y Muestreo .....	12
2.3.1. Población.....	12
2.3.2. Muestra .....	12
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
2.4.1. Técnica de recolección de datos.....	14
2.4.2. Instrumento de recolección de datos .....	14
2.5. Procedimiento.....	15
2.5.1. Primera Fase: Trabajo en Campo.....	15
2.5.2. Segunda Fase: Trabajo en Laboratorio.....	17
2.5.3. Tercera Fase: Trabajo en Gabinete .....	18
2.6. Método de análisis de información .....	23
2.7. Aspectos éticos.....	23
2.7.1. Ambiente:.....	23
2.7.2. Veracidad.....	23
III. RESULTADOS .....	24
3.1. Almacenamiento de carbono en la biomasa área y subterránea .....	24
3.2. Flujo anual de Carbono en el Santuario Nacional de Calipuy .....	36
3.3. Almacenamiento de Carbono y <b>CO<sub>2</sub></b> totales en el Santuario Nacional de Calipuy ....	38
IV. DISCUSIÓN .....	39
V. CONCLUSIONES.....	44

VI.	RECOMENDACIONES .....	45
VII.	REFERENCIAS.....	46
VIII.	ANEXOS.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N°01:</b>	Diagrama de una parcela .....	15
<b>Figura N°02.</b>	Número de plantas promedio por unidad de área encontradas en el Santuario Nacional de Calipuy. ....	24
<b>Figura N°03.</b>	Diagrama de caja (Box Plot) de biomasa seca de plantas sin inflorescencia por parcela. ....	27
<b>Figura N°04.</b>	Diagrama de caja (Box Plot) de biomasa seca de plantas con inflorescencia por parcela. ....	27
<b>Figura N°05.</b>	Diagrama de caja (Box Plot) de biomasa seca de plantas tiernas por parcela. ....	28
<b>Figura N°06.</b>	Diagrama de caja (Box Plot) de biomasa seca de plantas jóvenes por parcela. ....	28
<b>Figura N°07.</b>	Carbono almacenado por planta según sus estados de desarrollo .....	32
<b>Figura N°08.</b>	Comparación en porcentaje (%) entre los depósitos de carbono en el estrato de densidad forestal muy alta. ....	32
<b>Figura N°09.</b>	Comparación en porcentaje (%) entre los depósitos de carbono en el estrato de densidad forestal alta. ....	33
<b>Figura N°10.</b>	Comparación en porcentaje (%) entre los depósitos de carbono en el estrato de densidad forestal media. ....	33
<b>Figura N°11.</b>	Comparación en porcentaje (%) entre los depósitos de carbono en el estrato de densidad forestal baja. ....	34
<b>Figura N°12.</b>	Comparación en porcentaje (%) entre los depósitos de carbono en el estrato de densidad forestal muy baja. ....	34
<b>Figura N°13.</b>	Comparación de carbono almacenado en los rodales de <i>puya raimondii harms</i> en el Santuario Nacional de Calipuy según estratos forestales.....	35
<b>Figura N°14.</b>	Flujo anual de carbono fijado por <i>puya raimondii harms</i> según su estado de desarrollo.....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°01:</b> Cuadro de operacionalización de variables .....	11
<b>Tabla N°02:</b> Datos estadísticos de los cinco estratos de densidad forestal .....	14
<b>Tabla N°03:</b> Estados de desarrollo de la <i>Puya Raimondii</i> Harms .....	16
<b>Tabla N°04:</b> Biomasa vegetal en el Santuario Nacional de Calipuy por unidad de área .....	25
<b>Tabla N°05:</b> Carbono aéreo y subterráneo almacenado en los rodales de <i>Puya Raimondii</i> Harms por unidad de área en el Santuario Nacional de Calipuy .....	29
<b>Tabla N°06:</b> Carbono almacenado por planta según estado de desarrollo.....	32
<b>Tabla N°07:</b> Resumen del carbono total almacenado por estratos forestales .....	31
<b>Tabla N°08:</b> Tasa de $CO_2$ fijado anualmente por unidad de área .....	36
<b>Tabla N°09:</b> Carbono total y dióxido de carbono fijado en el Santuario Nacional de Calipuy .....	38
<b>Tabla N°010:</b> Coordenadas de parcelas-Muestreo piloto .....	59
<b>Tabla N°11:</b> Cuadro Resumen del Muestreo Piloto.....	61
<b>Tabla N°12:</b> Inventario de plantas extraídas .....	62
<b>Tabla N°13:</b> Data de biomasa total de plantas inventariadas .....	62
<b>Tabla N°14:</b> Data de biomasa total seca aérea, biomasa y carbono en raíces por parcela.....	63
<b>Tabla N°15:</b> Carbono almacenado en la hojarasca, arbustos y herbáceas .....	63
<b>Tabla N°16:</b> Data de biomasa total de plantas muertas inventariadas .....	64
<b>Tabla N°17:</b> Resumen del carbono y biomasa por estrato/componente .....	64
<b>Tabla N°18:</b> Coordenadas de los puntos a muestrear-fase de campo .....	67
<b>Tabla N°19:</b> Inventario de Puyas Extraías .....	67
<b>Tabla N°20:</b> Data de biomasa total de plantas inventariadas .....	70
<b>Tabla N°21:</b> Data de biomasa total seca aérea, biomasa y carbono en raíces por parcela.....	87
<b>Tabla N°22:</b> Data de Carbono almacenado en la hojarasca por parcela .....	87
<b>Tabla N°23:</b> Data de Carbono almacenado en lo arbusto genus baccharis por parcela .....	88
<b>Tabla N°24:</b> Data de Carbono en la herbácea stipa ichu por parcela .....	90
<b>Tabla N°25:</b> Data de biomasa total de plantas muertas inventariadas .....	92
<b>Tabla N°26:</b> Resumen del carbono y biomasa por estrato/componente .....	93

## RESUMEN

La *Puya Raimondii Harms* es una especie cuyas propiedades y procesos fenológicos contribuyen a la regulación de los servicios ambientales, en la actualidad está considerada en peligro de extinción y que por sus propias características no pueden crecer en todo el Perú actualmente el Santuario Nacional de Calipuy alberga los rodales más densos del territorio peruano de la *puya raymondii harms* con más de 6000ejemplares. La presente investigación se realizó con la finalidad de “Estimar la cantidad de secuestro de carbono por los rodales de *puya raimondii harms* según densidades forestales y estados de desarrollo en el Santuario Nacional de Calipuy, Santiago de Chuco”, para lo cual se utilizó la metodología semidestructivo aplicada tras la estratificación según densidades forestales y estados de desarrollo. Se desarrolló en 3 fases: trabajo en campo, trabajo en laboratorio y trabajo de gabinete. Concluyendo que el total de carbono almacenado por unidad de área y estados de desarrollo en los rodales de *Puya Raimondii Harms* del Santuario Nacional de Calipuy es de 135 tnC/ha(en el mismo formato) con un flujo anual promedio de 11 tCO<sub>2</sub>/ha/año, que hacen un total de 162 991 tCO<sub>2</sub>fijado a la actualidad y Las cantidades de almacenamiento de carbono según estratos forestales de densidad muy alta, alta, media, baja y muy baja son de 54, 38, 16, 22 y 4 tnC/ha, que hacen un total de 1954, 7591, 5984, 15486y 13394 tnC; respectivamente.

Palabras clave: *Puya Raimondii Harms*, estratos forestales, Densidades forestales.

## ABSTRACT

The *Puya Raimondii* Harms is a species whose properties and phenological processes contribute to the regulation of environmental services, it is currently considered in danger of extinction and that due to its own characteristics can not grow in all of Peru at the moment the National Sanctuary of Calipuy hosts the densest stands of the Peruvian territory of the *puya raymondii* with more than 6000ejemplares. the present investigation was carried out with the purpose of "Estimating the amount of carbon sequestration by the stands of *Puya Raimondii* Harms according to forest densities and stages of development in the National Sanctuary of Calipuy, Santiago de Chuco", for which the methodology was used semi-destructive applied after stratification according to forest densities and stages of development. It was developed in 3 phases: field work, laboratory work and cabinet work. Concluding that: The total carbon stored per unit area and stages of development in the stands of *Puya Raimondii* Harms of the National Sanctuary of Calipuy is 135tnC / ha with an average annual flow of 11tCO<sub>2</sub>/ ha / year , which make a total of 162 991tCO<sub>2</sub>fixed to the present and The quantities of carbon storage according to forest strata of very high, high, medium, low and very low density are of 54, 38, 16, 22and 4tnC / ha, which make a total of 1954, 7591, 5984, 15486and 13394 tnC; respectively.

Keywords: *Puya Raimondii Harms*, forest strata, forest densities.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El Perú alberga una gran diversidad de ecosistemas variados y únicos, los cuales se ven afectados principalmente por actividades antrópicas (GARCÍA, Roosevelt, 2011). Uno de los mayores retos trazado en las últimas décadas es la creación de mecanismos que garanticen su conservación y su uso sostenible (CAETANO, Yonwill, 2015). En función a la búsqueda de materializar principios de protección ambientales se crearon las áreas naturales protegidas, otorgando al país más de 5 millones de hectáreas de territorio nacional conservado (JANZEN, Alyn, 2014). En un inicio estaban bajo la jurisdicción del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) del MINAGRI, para luego pasar a manos del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). (PHILLIPS, Jilman, 2017).

Uno de los problemas a afrontar sobre la gestión de las áreas naturales protegidas es el escaso financiamiento por parte de El Estado Peruano, constatando primordialmente en la falta de planes de manejo para la conservación y restauración de dichas áreas; muy a pesar que éstas ofrecen múltiples servicios ambientales cuantificables económicamente por las grandes extensiones de bosques naturales que poseen (PAZ SALINAS, María, 2014). En contrastación, el Perú tiene un total de 66 millones de hectáreas de bosques, de los cuales está comprometido en cuidar alrededor de 54 millones de hectáreas por el Programa de Conservación de Bosques para la Mitigación del cambio Climático (SCHERL, Lilibeth [et al], 2016). En consecuencia, da opciones de ingresar al mercado de carbono, que según Ley N°30215-Ley de Retribución por Mecanismos Ecosistémicos, permite las compensaciones monetarias a cambio de servicios ecosistémicos como la estimación de captura y secuestro de carbono; y de esta forma subvencionar fondos para la creación y aplicación de planes de conservación. (MAPENDEME, Anthony, 2013).

Por otro lado, el alto índice de crecimiento poblacional y el boom del alza de las concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI) a partir de los años 80 han puesto en mira la importancia de conservar las extensiones boscosas como uno de las principales opciones de afrontar este problema. Ante esta situación se creó en 1988 el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) establecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), además del establecimiento de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) siendo considerado el

acuerdo internacional más importante sobre la toma de acciones sobre el clima. (FIELD, Christopher, 2014).

En relación a estos esfuerzos sobre el clima se dieron dos convenios importantes, el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París, dados en 1997 y 2015, respectivamente. Asimismo, en 1996 se llevó a cabo la Convención de las Partes (COP1), que año tras año ha ido realizándose hasta la actualidad. En el año 2015, el SERNANP llegó a formar parte de la COP21 como coordinador regional de la REDPARQUES promoviendo estrategias de mitigación como frente al cambio climático y de esta forma garantizando el sustento financiero de las áreas protegidas. Luego, se celebró el COP23 en noviembre del 2017 tomando como base los principios del Acuerdo de París, logrando entre algunos acuerdos más la Iniciativa 4 por mil: Suelos para la seguridad alimentaria y el clima, comprometiéndose a elaborar estrategias para reducir y crear mecanismos de resiliencia ante el calentamiento global, principalmente a países en desarrollo. (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2018)

Lamentablemente en el Perú no damos prioridad al tema de servicios ecosistémicos, y damos al abandono las inversiones de gestión de planes de manejo para las áreas naturales protegidas. No nos damos cuenta del gran potencial a explotar sobre los valiosos sumideros de almacenamiento de carbono que existen vigente en nuestros bosques, realizando aquellos que se encuentran vulnerables y propensos a ser destruidos. Las ANP son extensiones de terreno sin mira a tener valores agregados por los servicios ecosistémicos que brindan, perdiendo una gran oportunidad de ingreso de dinero para sus gestiones (MINAM, 2014). Además, existe un gran déficit y limitante de investigaciones a nivel nacional e internacional sobre el tema de captura y secuestro de carbono, sobre todo en países latinoamericanos, muy a pesar de ser poseionarios de millones de hectáreas de almacenes de carbono forestal (LEON MORALES, Fernando, 2014).

Además, en todo el territorio nacional existe 183 áreas naturales protegidas, comprendiendo 22 530 983 ha esparcidas en costa, sierra y selva, como también en el océano pacífico. Entre ellos tenemos al Santuario Nacional de Calipuy, la Reserva Nacional que alberga el rodal más extenso de *Puya Raimondii Harms*. Considerada la más grande de las Bromeliaceace, está dentro del rango de especies en peligro de extinción según D.S. N°043-2006-AG. Puede vivir alrededor de los 100 años, motivo por el cual, se le considera como un banco vivo de captura y secuestro de carbono. (MINAM, 2011)

Entre los estudios nacionales relacionados al proyecto de investigación se encuentra del autor Sosa, Jorge en el año 2016 en su tesis: “Valoración Económica del secuestro de CO<sub>2</sub> en tres tipos de Bosques en el Distrito del Alto Nanay, Loreto-Perú”. Se aplicó la metodología semidestructiva con un diseño estratificado a nivel de reconocimiento para el muestreo de parcelas y toma de muestras, con un total de 18 unidades de 0,5 hectáreas (ha) cada una con un diámetro a la altura (Dap) del pecho mayor igual a 10 cm, localizadas al azar por el tipo de bosque seleccionado. Se emplearon ecuaciones matemáticas alométricas propuestas por Brown de tipo exponencial húmedo tropical, utilizando la Dap, la densidad básica y la altura. Se estimó de la misma forma el peso de la biomasa radicular, en el cual se tuvo en cuenta el 20%. Se empleó la ecuación de MacDicken  $Br=Bat*0.20$ . Por consiguiente, se procedió a determinar el peso de la biomasa verde total, del cálculo de biomasa seca. A continuación, se estimó el carbono almacenado en las colinas altas y bajas, y la terraza baja multiplicando la biomasa seca por tonelada por 0,5. Los resultados obtenidos fueron que el bosque de terraza baja reportó un total de 177.82 tn/ha de carbono, siguiéndole el bosque de colina baja con un total de 256.27 tn/ha de carbono, mientras tanto el bosque de colina alta obtuvo 286.14 tn/ha de carbono. El resultado se multiplicó por el precio de mercado en dólares por ha. Se concluyó que los valores obtenidos fueron de 2558.30 US\$/ha en bosque de terraza baja, de 4116.86 US\$/ha por bosque de colina alta y de 3 687.09 US\$/ha por bosque de colina baja. Además, los tesisistas Apolinarios, Jakeline y Cardenas Kaory (2015) en su tesis “Capacidad de Almacenamiento de Carbono en un Bosque Joven y Maduro de *Puya Raimondii* Harms, Vilcashuaman – Ayacucho”, aplicaron la metodología semidestructiva consistiendo en pesar directamente ciertas partes y hacer la medida de volumen y densidad de otras partes, debido a la condición en la que se encuentra *Puya raimondii*. Al finalizar el desarrollo de la tesis se llegaron a las siguientes conclusiones: El total de carbono almacenado promedio para cada unidad de área es de 126.413 toneladas de carbono(tC)/ha y presenta un flujo anual promedio de 4.246 tCO<sub>2</sub>/ /ha/año, que hacen un total de 1’260 927.285t CO<sub>2</sub>/. \_La ecuación alométrica que mejor se ajusta para estimar la biomasa seca y de carbono es de tipo lineal simple para plantas adultas con inflorescencia  $C=(-5.041*0.5) + (4.448*(DC)*0.5)+(0.142*0.5)$ , y de tipo lineal múltiple para individuos jóvenes y adultos sin inflorescencia  $C=(-0.387*0.5)+(0.562*DB*0.5)+(0.158*Ht*0.5)+(0.066*0.5)$ .- Su F.A. de carbono para cada estrato según densidad de masa fluctúa entre 3.144 a 5.784 tCO<sub>2</sub>/ /ha/año y para los estados de desarrollo de *Puya raimondii* fluctúan entre 0.468 a 2.597 tCO<sub>2</sub>/ ha/año.

Asimismo, existen investigaciones internacionales tales como el desarrollado por Rodriguez, Mainor [et al] en el año 2017 publicaron en la revista Forestal Mesoamérica Kurú el artículo titulado “Ecuaciones alométricas para la Estimación de la Biomasa arbórea a partir de los residuos de plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb. Y *Tectona grandis* L.f. en Guanacaste, Costa Rica”. Uso la metodología aplicada para la elección de individuos de las diferentes plantas existentes de ambas especies de 4 a 9 años de edad, se seleccionaron árboles ausentes y con daños mecánicos en su estructura. Cada árbol cosechado midió 1.3 m sobre el nivel del suelo, después tuvieron que cortarse en segmentos de 2.5 m de longitud. Se procedió a medir el área basal de cada árbol y se analizó nueve modelos alométricos. Agregando, los autores Flores Medina, Favian y otros en el año 2018 publicaron en la revista Mexicana de Ciencias Forestales de la Leibniz Information Center for Science and Technology University Library el artículo titulado “Desarrollo de ecuaciones alométricas de biomasa para la regeneración de cuatro especies en Durango, México”, planteado el objetivo principal: Desarrollar ecuaciones alométricas para estimar la biomasa aérea por fracciones de grosor de la generación de *Arbutus arizonica*, *Juniperus deppeana*, *O* y *Pinus cooperi* en la Unidad de Manejo Forestal (Umafor 1008) en el estado de Durango. En el desarrollo de la metodología se usaron datos de 114 individuos (25, 29, 30 y 30, respectivamente), recolectados en un muestreo destructivo. Para mejorar las fórmulas se utilizó el procedimiento estadístico denominado 3SLS (Three-Stage Least Squares). Se concluyó que las ecuaciones muestran un ajuste beneficioso en cada una de las fracciones; con estas se puede hacer estimaciones no destructivas de la biomasa por clasificación de grosor de la regeneración de las cuatro especies en estudio, lo que mejorará las predicciones de biomasa y almacén de carbono por fracciones en los bosques con presencia de las cuatro especies estudiadas. Además, el autor Guzmán, Humberto en el año 2017 publicó su tesis titulada “Estimación de carbono aéreo en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f.) de catorce y quince años de edad: Chahal, Alta Verapaz (Guatemala)”. Para lograr el objetivo se planteó la realización de una metodología que consiste primero en ubicar el área de estudio, y especificar las parcelas a trabajar. La investigación se basó a partir de un muestreo no experimental obtenidos a partir de un inventario forestal que ya se había hecho por estudios anteriores en los cuales obtuvieron valores del volumen total de la plantación de teca y para la estimación de CO<sub>2</sub> se realizó mediante ecuaciones alométricas, que permitían conservar la planta evitando ser sacrificada. Solo se realizó mediante toma de medidas a los árboles de teca como la altura el diámetro, asimismo se pesó las hojas caídas y con esos datos se

procedió a operar las ecuaciones. Con la data recopilada se obtuvieron las siguientes conclusiones: En las comparaciones realizadas en el estrato 1 y 2, se aprecia que el segundo estrato presenta un incremento medio anual de 2.04 cm/año en el diámetro a la altura de pecho, 1.35 m/año en altura total, 1.07 m<sup>2</sup> /ha/año de área basal y 9.95 m<sup>3</sup> /ha/año de volumen total. El modelo matemático creado para estimar la biomasa de la madera del árbol en este caso para teca es  $Biomasa\ final = -1,594.7707 + 62.5925(DAP) + 44.0475(\text{altura total})$ . Asimismo, el estrato 2 presenta mayor carbono aéreo almacenado por hectárea, con un total de 151.36 tnC/ha; y se identificó que la diferencia entre cada estrato es de 43.01 tnC/ha por razones de características que presenta el lugar de ubicación de este estrato y tiene un año más de edad que el primero. Finalmente, es 378.76 tn de Carbono en las 151.58 ha del primer estrato y 31.63tn de Carbono en las 9.62 ha del segundo estrato.

Por otro lado, la definición general de huella de carbono es la representación del total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos hacia la atmósfera, producto del desarrollo de las actividades productivas y el desgaste y/o consumo de los bienes y servicios (WIEDMAN, 2019), y está valorada como uno de los principales métodos de cuantificación de emisiones de los gases mencionados. La concentración de los GEI en la atmósfera produce que la radiación solar quede atrapada, por consiguiente, la temperatura aumenta. (ESPÍNDOLA, César y VALDERRAMA, José; 2012). Asimismo, existen los sumideros de carbono que son los sistemas naturales de carbono que absorben  $CO_2$  de la atmósfera y lo almacenan, proceso por lo que los sumideros remueven el dióxido de carbono conocido como secuestro de carbono. Retienen el carbono en forma de biomasa sintetizados en compuestos orgánicos de la MO perteneciente al suelo, constituyendo una forma de mitigar el efecto invernadero. (FAO, 2016, p. 71)

Además, las plantas conocidas como reservas naturales de carbono funcionan sintetizando el  $CO_2$  y liberando  $O_2$  paulatinamente mientras dure el proceso llamado fotosíntesis; además, cuentan con la capacidad de almacenar diversos componentes de carbono por largos periodos. (SCHLESINGER & ANDREWS, 2014) El carbono al adherirse a cualquier estructura de la planta es considerado almacenado. (Rodríguez et al., 2016). Asimismo, las plantas pueden almacenarlo como biomasa área dependiendo de sus características como la edad, la DAP, la densidad, etc. (ALEGRE et al., 2017). Existen diversas metodologías de medir la fijación de carbono en las plantas, por tanto, esta cualidad de los ecosistemas forestales es aún desconocida. (MARTEL, Carlos y

CAIRAMPOMA, Lianka; 2016). Agregando, un rodal es una comunidad de árboles de una o varias especies determinadas, con características similares por especies. Puede establecerse de forma natural y artificial. El rodal se nombra siempre con la especie más predominante de la comunidad forestal. (BANEU, 2013, p.243).

Por consiguiente, existen diversos métodos para calcular la biomasa dividiéndose en método directo e indirecto. El método directo o destructivo nos propone 3 casos para la medición en campo: primero es el peso directo a los compartimentos presentes la fase de gabinete, el segundo obliga a realizar mediciones semidestructivo0, en las cuales se combinan el pesado directo de algunas fracciones del árbol y la medición del volumen y la densidad para las partes restantes. Y el tercero es para árboles con dimensiones grandes para realizar un pesado completo a mano. El individuo se tiene que cortar siguiendo practicas adecuadas. (APOLINARIO,2015, p.35). Sin embargo, el método indirecto o semidestructivo encuentra la técnica de estimación por regresión en la cual se tiene que usar ecuaciones alométricas específicas para cada especie es aquí que los valores de inventarios forestales como la altura y el diámetro son transformados a términos de biomasa. Esto se aplica para los árboles que poseen grandes dimensiones, sin embargo, para desarrollar este método es necesario contar con datos del método directo. Por eso se recomienda usar modelos específicos para cada especie que haya sido construido con condiciones similares a las de los lugares donde se quiera aplicar, especialmente en los términos de tamaño del individuo y densidad arbórea. (APOLINARIO,2015, p.35)

Al mismo tiempo, existe la estimación de biomasa de un bosque, que requiere la disposición de un inventario de árboles sirviendo como base para la realización de dos procesos: el primero es un modelo de biomasa/mineral o masa, permitiendo equilibrios de carbono en una parcela (se cortan árboles) y en el segundo se usa una para la estimación de el volumen de los árboles, la densidad de la madera, permite analizar cómo es que influye la edad y las condiciones de desarrollo de los componentes. (FAO, 2012.p.75). Por consiguiente, la medición de biomasa de un árbol consiste en realización del pesaje de árboles para poder medir su biomasa, formando parte fundamental para la elaboración de ecuaciones alométricas, los árboles huecos, los que tienen tronco diferente a un cilindro constituyen algunas excepciones en las cuales no se podrán usar modelos sin hacer ajustes específicos. (FAO, 2012, p. 76)

En preciso señalar, que en el pasar de los años se han ido formando asociaciones o acuerdos internacionales que tratan los diversos problemas ambientales relacionados al

calentamiento global, tal es la Conferencia de Partes (COP) considerada la autoridad suprema con carácter de toma de decisiones en la CMNUCC considerado el órgano supremo de esta organización. (NADOLNY, Larysa, 2016) En esta organización todas sus partes (países que integran la COP) realizan una reunión año tras año durante el lapso de 15 días para tratar el tema principal sobre el cambio climático global. (SCHEDLBAUER, Jessica y OTROS, 2016).

En lo que respecta a las áreas naturales protegidas, son espacios marinos y/o continentales situados en el territorio peruano establecidos, reconocidos y conservados de forma legal por el Estado, (CARABIAS, Julia, 2011) dada sus características de gran envergadura en objeto de proteger la diversidad biológica y otros valores asociados de intereses culturales, paisajísticos y científicos, del mismo modo, por su aportación al desarrollo sostenible del Perú (LEA, Scherl, 2014). El Estado Peruano según el Artículo 68° tiene la obligación de incentivar la protección de las Áreas Naturales Protegidas por el Estado y de la diversidad biológica que albergan (WILKIE, David, 2013). Existen tres niveles de áreas naturales protegidas: \_Áreas naturales protegidas de administración nacional (SINANPE), áreas de conservación regional (ACR) y áreas de conservación privada (ACP) (RIEMAN, Hugo, 2017).

Las COP celebradas año tras año tienen la finalidad de combatir el cambio climático desde diferentes instancias contando con la participación de un conjunto de países(partes) que se comprometen a adoptar estrategias de mitigación y cumplir con los objetivos estipulados. En la COP21 (2015) hubo presencia de la Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Áreas Protegidas-REDPARQUES-que ligado con la Iniciativa Amazonía Viva de WWF participaron con el objeto de destacar la importancia de las Áreas protegidas como uno de las principales armas de adaptación frente al cambio climático, además de discutir acerca de su integración en las estrategias de financiación económica y planificación climática de los diferentes países. La presentación oficial de REDPARQUES fue realizada por Julia Miranda, directora de Parques Nacionales de Colombia y Coordinadora de la Región -amazónica REDPARQUES. (SERNANP, 2011).

El Santuario Nacional de Calipuy fue creado el 08 de enero de 1981, según Ley Decreto Supremo N°004-81-AA. Situado en Santiago de Chuco en la región de La Libertad a unos 3450 a 4300 m.s.n.m. albergando los rodales más densos del territorio peruano de la *puya raymondii*. También preserva los servicios funcionales de las cuencas hidrográficas del río Choroal y Huamanzaña. Actualmente tiene en mira apertura el servicio turístico a la

población. (SERNANP, 2012, p01). La *Puya Raimondii Harms* es una especie perteneciente a la familia de la bromelaceae conocida comúnmente como ticatica, púa, ckara, titanca y santón; existe en contadas regiones de los Andes peruanos (RIVERA, Carlos, 2015). Fue llevada al mundo científico por el naturalista Antonio Raimondi, razón del cual lleva el nombre. Alcanza hasta los 03 a 4 metros de altura, fabricando racimos que viene de 8 mil flores blancas y hasta un promedio de 6 millones de semillas por cada espécimen (CANO ARETAGA, Aurelio, 2015). Tiene la característica de florecer una sola vez en la vida, proceso conocido como inflorescencia (VENERO, Jose, 2013). Durante este proceso la planta puede llegar hasta una altura de 8 metros cubriéndose de miles de flores, provocando la visita de insectos y aves, principalmente el colibrí, para alimentarse del néctar y polen (ROBERT, Youmaickl, 2016). Los millones de semillas que se esparcen por cada planta se encargarán a futuro de germinar y regenerar los rodales existentes (VADILLO, Giovana y OTROS, 2014).

Cabe resaltar que la *Puya Raimondii Harms* es una especie cuyas propiedades y procesos fenológicos contribuyen a la regulación de los servicios ambientales. Crece en extensos rodales tal como existe en el Santuario Nacional de Calipuy, con una extensión de 4 500 ha contando con más de 6000 ejemplares de esta especie. Por tanto, se convierte en un sumidero significativo a potenciar frente a la captación y secuestro de carbono, contribuyendo con las estrategias de mitigación frente al cambio climático y priorizando su entrada al mercado de carbono dando énfasis a la valoración económica de estos predios naturales. Además, la *Puya Raimondii Harms* tiene un promedio de vida alrededor de los 100 años, convirtiéndose en un banco de carbono. Sin embargo, las limitantes de no existir investigaciones de cuantificación de carbono almacenado en las puyas, evita la entrada de fondos económicos que servirían como financiamiento de la elaboración y funcionamiento de planes de manejo dentro del área natural protegida. Con lo expuesto nos planteamos el siguiente problema: ¿Cuál es la cantidad de secuestro de carbono en los rodales de *Puya Raimondii Harms* en el santuario de Calipuy, Santiago de Chuco? y para esto nos planteamos los siguientes objetivos, El objetivo general es “Estimar la cantidad de secuestro de carbono por los rodales de *Puya Raimondii Harms* según densidades forestales y estados de desarrollo en el Santuario Nacional de Calipuy, Santiago de Chuco”, y los objetivos específicos son: “Determinar la extensión de rodales de *puya raimondii harms* por estrados de densidades forestales y estados de desarrollo en el Santuario Nacional de Calipuy, Santiago de Chuco”, “Estimar la cantidad de secuestro

de carbono en la *puya raimondii harms* utilizando el método semidestructivo mediante ecuaciones alométricas” y “Determinar la cantidad de secuestro de carbono por estrato en el Santuario Nacional de Calipuy, Santiago de Chuco”.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada por motivo que se usará metodologías y/o conocimientos previamente utilizados en anteriores estudios base relacionados al secuestro de carbono logrando la generación cuantificada de información sobre el potencial de carbono del Santuario Nacional de Calipuy. Además, la investigación posee un diseño no experimental de corte transversal por el motivo de que in situ no habrá manipulaciones de variables, siendo tomados en momentos determinados. Por último, la investigación tiene un alcance descriptivo comparativo, porque se compararán los resultados obtenidos sobre el carbono almacenado en los diferentes estratos de densidad forestal en el SNC.

### 2.2. Operacionalización de Variables

- **Tabla N°01: Cuadro de operacionalización de variables**

Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Cantidad de secuestro de carbono	No experimental.	Es un Proceso consistente en la separación de $CO_2$ y aislamiento a largo plazo de la atmosfera, Este proceso sólo retarda la liberación del $CO_2$ , por lo que no se puede almacenar indefinidamente. (UNEP,2010, p.15)	Se calcula a través de ecuaciones alométricas con las cuales se determina la cantidad de carbón almacenado que absorbe la <i>Puya Raimondii Harms.</i>	Las dimensiones son: _ Estrato de densidad forestal muy alta. _ Estrato de densidad alta. _ Estrato de densidad media. _ Estrato de densidad baja. _ Estrato de densidad muy baja.	Tonelada/hectárea	Razón

Fuente: Elaboración Propia.

## 2.3. Población, Muestra y Muestreo

### 2.3.1. Población

La población como objeto de estudio de la investigación son los rodales de *Puya Raimondii Harms* del Santuario Nacional de Calipuy que cuenta con un área de 4500ha. Los rodales son bastantes diferenciados con planicies planas y plantas en variados estados de desarrollo (difieren en conjunto en densidades forestales).

### 2.3.2. Muestra

La muestra de la investigación está conformada por 49 Parcelas que consta de 625  $m^2(25*25m)$ , para el cual cada parcela/planta será parcialmente extraída para la medición de sus compartimientos. El número total de parcelas se obtuvo mediante el muestreo estratificado al azar en base a los estratos de densidad forestal previamente realizados para luego realizar la selección al azar.

Para llevar a cabo la determinación de parcelas se tiene que seguir algunos pasos:

Se toma en cuenta el número total de especies (55647), y por cada estrato se tiene que en el estrato de densidad forestal muy baja hay un total de 5564 Individuos, en el estrato de densidad forestal baja hay un número de 9483 individuos, en el estrato de densidad media cuenta con 10684, en el estrato de densidad alta tiene 13578 individuos y por último en el estrato de densidad muy alta hay un total de 16338 individuos.

Con la data anterior se procede a estimar el promedio, la varianza y la desviación estándar de cada estrato de densidad forestal.

Promedio: 
$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Varianza: 
$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Desviación estándar: 
$$S = \sqrt{S^2}$$

Para hallar el valor de X se empleará las fórmulas propuestas por el MINAM (MINAM, 2014) con ecuaciones alométricas en biomasa arriba del suelo de bosque para el alcance de Costa de Sierra, como se describe a continuación:

$$C = 0.122 * (\rho * dap^2 * ht)^{0.916}$$

Dónde:

C=carbono en biomasa área almacenado por planta.

$\rho$  = densidad de la madera. (por defecto se toma el valor de 0.64)

dap =diámetro a la altura del pecho. Dónde

$ht$  =altura total.

Para la realización del muestreo piloto se evaluaron cuatro parcelas por cada estrato de  $625 m^2$  en todo el SNC, obteniendo resultados en la tabla N°02.

Obtenida la varianza y la desviación estándar de cada estrato, se selecciona el nivel de precisión a utilizarse, es decir, el error de muestreo con un valor de +/- 10% a un nivel de confianza del 95%, tomando en cuenta que en ocasiones para muestreo de tipo forestal en escalas pequeñas puede llegar a utilizarse el +/- 20%. A continuación, se calcula el número de parcelas a muestrear:

$$n = \frac{(N * S)^2}{\frac{N^2 * E^2}{t^2} + N * S^2}$$

Dónde:

n= número total de parcelas a muestrear.

E=el error permitido (+/-10% y/o +/-20%)

t=Muestra estadística de la distribución t para un nivel de confianza en un 95% .

N=número de parcelas (área de estrato por densidad forestal entre tamaño de parcela)

-S=la desviación estándar.

- **Tabla N°02:** Datos estadísticos de los cinco estratos de densidad forestal

Datos	Estratos(borrar y decimales)				
	Densidad forestal muy alta	Densidad forestal alta	Densidad forestal media	Densidad forestal baja	Densidad forestal muy baja
Árboles/ha	136.79	94	46	34	15
Promedio C	0.2598	0.6159	0.5167	0.3929	0.5666
Varianza	0.0312	0.0280	0.0220	0.0251	0.0214
Desviación estándar	0.1767	0.1674	0.1485	0.1587	0.1465
Área de estrato(ha)	36.1627	194.9909	360.0702	703.3745	3205.6803
Área de parcela (Ha)	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625
Número de parcelas total	578.6042	3119.8549	5761.1243	11253.9932	51642.8863
e-nivel de error (%)	10%	10%	10%	10%	10%
Error (decimal)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Nivel de confianza (t)	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
N° total de parcelas	12	11	8	10	8

Fuente: Elaboración Propia

Finalizando, se determina la ubicación de los diferentes puntos a muestrear, ubicados al azar por cada estrato de densidad forestal para luego dar paso a la elaboración del mapa de ubicación de puntos y rutas accesibles, sujeto a posibles cambios durante la fase de salida de campo.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 2.4.1. Técnica de recolección de datos

La técnica con la que se trabajará será con el método de observación por el hecho de que se tiene que identificar las características de la *Puya Raimondii Harms* y de esta forma poder seleccionar el individuo a trabajar.

### 2.4.2. Instrumento de recolección de datos

El instrumento que usaremos para el desarrollo del estudio es la hoja de registro, formato en el que se tiene que apuntar datos de suma importancia (altura, volumen, densidad, peso de hoja, etc.) para poder obtener los resultados finales.

## 2.5. Procedimiento

### 2.5.1. Primera Fase: Trabajo en Campo

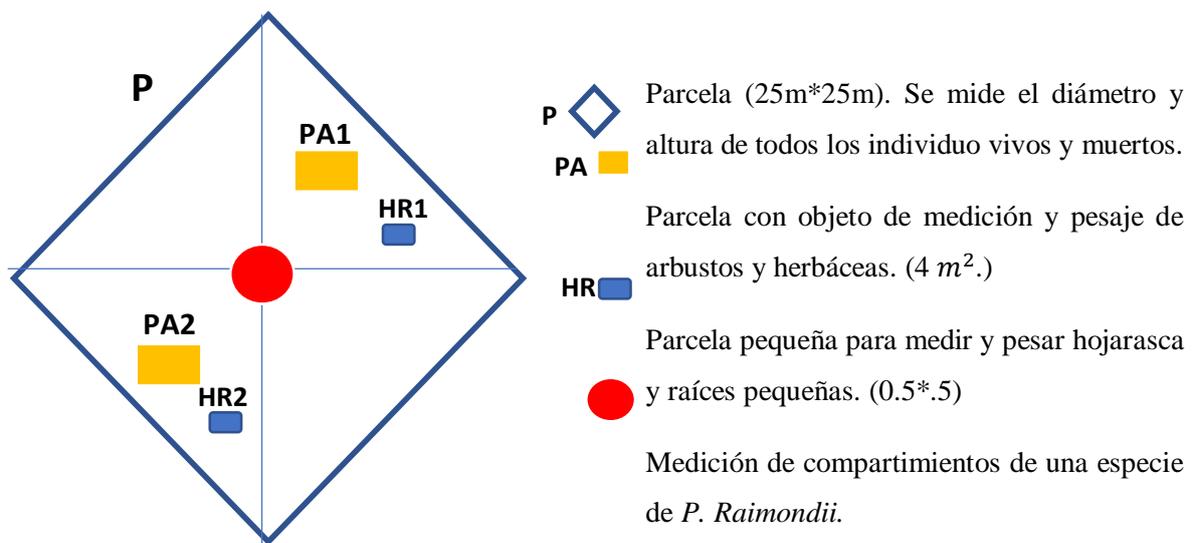
#### a. Estudio del área seleccionada

Se realizó mediante información proporcionada por el jefe del Santuario Nacional de Calipuy y el Plan Maestro, obteniendo la elaboración de un plano de ubicación de puntos y el establecimiento de rutas de acceso, asimismo, se diseñó los mapas de estratificación del santuario por densidades forestales estableciendo cinco clases, estratos de densidad muy alta, alta, media, baja y muy baja.

#### b. Modelamiento de parcelas

Haciendo uso del mapa de rutas de acceso se identificarán in situ la ubicación de cada una de las parcelas a muestrear, posicionando el punto central (una planta de *puya raimondii harms*) y al hacer uso de la brújula se posicionará el norte magnético de tal forma que los ejes estén orientados norte/sur y este/oeste: para facilitar la extracción de muestras. Luego, se identifica un rumbo fijo de acorde a la condición topográfica del área de estudio.

Haciendo uso de la cinta métrica(wincha) y de las estacas, se clava cada una en cada vértice (25 m de largo) y se rodea con el hilo nylon cerrando la parcela. Al interior de la parcela creada se harán los muestreos de biomasa arbustiva, arbórea, raizal y de la materia orgánica encontrada; como está a continuación:



**Figura N°01:** Diagrama de una parcela

Fuente: Elaboración propia

**c. Biomasa arbórea**

Se realizará un inventario de las especies encontradas vivas o en estado inerte, tomando datos como:

**\_Diámetro a la altura del pecho (DAP):** se realizará solo en plantas en la etapa adulta, a partir del primer metro desde el suelo hacia arriba por la propia arquitectura de la especie, que le da la característica de formación de las hojas iniciando a partir del primer metro de crecimiento. Se hace uso de la cinta métrica para determinar con exactitud la medición de la circunferencia (CAP) y luego se emplea la siguiente fórmula:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

**\_Altura total(ht):** Se hace uso del clinómetro para medir la altura total de las especies de *puya raimondii* en estado adulto, mientras tanto para aquellas plantas catalogadas como jóvenes y tiernos se medirá su altura con la ayuda del flexómetro, dado el hecho que no superan los dos metros de altura.

**\_Estado de desarrollo (ED):** El estado de desarrollo de las especies fue propuesta por Tueros (1998) y Salazar y Villasante (2012) clasificando la planta en cuatro etapas según edad y altura.

• **Tabla N°03: Estados de desarrollo de la *Puya Raimondii* Harms**

Estados de desarrollo	Altura	Edad (aproximada)
Tiernos	<=50 cm	<=4 años
Jóvenes	>50cm y <2.5 cm	4 años -20 años
Adultos sin inflorescencia	>2.5 cm	>20 años
Adultos con inflorescencia	>2.5 cm	>22 años

**Fuente: Kaory, 2015.**

Para el caso de plantas muertas, se realizan las mediciones de forma directa.

**\_Pesado de hojas:** De cada especie seleccionada se procederá a extraer el total de hojas realizando el pesado directo in situ de las mismas, luego, se seleccionada unos 200 gr. que es depositado en bolsas de plástico previamente codificadas, para

finalmente ser trasladadas al laboratorio. Además, se llenará los inventarios de todos los compartimientos ya mencionados.

**d. Biomasa arbustiva y/o herbácea**

La medición del carbono almacenado en los arbustos y herbáceas se realizará trazando un área cuadrada (mini parcela-PA) a cada lado opuesto de las diagonales de la parcela principal(P), con un área de  $4m^2 (2 * 2 m)$  cada una. Las diagonales que dividen a la parcela principal en cuatro triangulares sirven para elegir de forma más representativa las muestras de arbustos, herbáceas, hojarasca y raíces pequeñas.

Luego de la recolección en tu totalidad de la vegetación al interior de las dos parcelas (PA), por separado se dará paso a la medición del peso directo de las plantas catalogadas como arbustos y de las herbáceas. Después, se tomará una sub muestra de 300 gr de cada grupo de especies, guardadas en bolsas de plástico previamente codificadas (número de parcela, ubicación, componente, peso) para finalmente ser transportadas al laboratorio a sus respectivos análisis.

**e. Biomasa de hojarasca**

Al interior de cada parcela principal se formaron cuatro triangulares homogéneos tomando como centro la especie de *Puya Raimondii* a evaluar. En dos espacios triangulares opuestos se formarán las mini parcelas para la medición de biomasa arbustiva y herbácea, y al costado se trazará otra parcela más pequeña de  $0.5*0.5m$  para la toma de muestra de hojarasca, ramas caídas y detritos (evitando la recolección de piedras, suelo o algún otro material no orgánico). Partiendo de ello se procederá a realizar el pesado directo de todo el material recolectado sin clasificarlos. Finalmente se optará guardar unos 200gr de muestra en las bolsas de plástico anteriormente codificadas para ser trasladados al laboratorio respectivo.

**2.5.2. Segunda Fase: Trabajo en Laboratorio**

**a. Preparación de muestras de la biomasa aérea**

**a.1. Proceso de muestra hojas colectadas en campo**

In situ fueron extraídas la totalidad de las hojas de cada planta de *Puya Raimondii* seleccionada, del cual se transportó al laboratorio solo 200gr aproximadamente, trasladadas en bolsas de plástico superpuestas al interior de cajas de  $20*15cm$  previamente codificadas. En laboratorio se mide el peso húmedo en la balanza

analítica plasmando los resultados en una ficha de anotaciones. Luego, se deja disecar en una estufa a 103°C hasta obtener el peso seco constante.

### **a.2. Proceso de biomasa arbustiva y/o herbácea en campo**

De la muestra total de biomasa arbustiva y herbácea (muestras separadas) se trasladaron en bolsas de plástico al laboratorio con un peso aproximado de 300 gr de cada. En laboratorio se realizó el pesado directo haciendo uso de la balanza analítica anotando los resultados a un costado de la bolsa, y finalmente se disecará en la estufa a 83°C hasta el tope de encontrar el peso seco constante.

### **a.3. Proceso de muestras de hojarasca**

Los procedimientos para las muestras de hojarasca trasladadas al laboratorio son las mismas que el de biomasa arbustiva y/o herbácea.

## **2.5.3. Tercera Fase: Trabajo en Gabinete**

### **a. Cálculo de la biomasa y carbono de *Puya raimondii***

Para cuantificar la biomasa de nuestros individuos a estudio se realizará mediante el método semi-destructivo. (MATIEU, Laurent, 2012, p.103):

$$Bs = Bs \text{ podada} + Bs \text{ sin podar}$$

Dónde:

Bs =	Biomasa seca (kg ó T)
Bs podado =	Biomasa seca podada (hojas de la planta)
Bs sin podar =	Biomasa seca sin podar (tronco)

Entonces cuando se tiene el peso seco de las sub muestras (hojas) que se recolectaran en el campo se calcula la biomasa podada con la ecuación N°1 y ecuación N°2 (CALDERÓN y SOLÍS, 2012, p.72) y para calcular la biomasa sin podar se tiene que aplicar la ecuación N° 3 (LAURENT, Mateiu, 2012, p.67) y al final para encontrar el contenido de carbono se tiene que utilizar la ecuación N°4 (IPCC, 2012, p.48).

### **Ecuación N°1. Contenido de humedad de la sub muestra.**

$$CH = \frac{Phs - Pss}{Pss} \times 100$$

Dónde:

CH = Contenido de humedad de la sub muestra en porcentaje (%)

Phs = Peso húmedo de la sub muestra (g), valor obtenido en el campo

Pss = Peso seco de la sub muestra (g), obtenido del laboratorio una vez que se ha puesto a secar al horno

100 Constante para transformar en porcentaje.

**Ecuación N°2. Peso total seco de biomasa.**

$$PTS = \frac{PTH}{(1 + \%CH)} / 100$$

Dónde:

PTS = Peso total seco de cada componente (kg)

PTH = Peso total húmedo de cada componente obtenido en campo (kg)

%CH = Porcentaje de humedad de la sub muestra obtenido en el laboratorio para cada componente

1 = Constante

100 = Constante para transformar en fracción

**Ecuación N°3. Peso total seco de biomasa sin podar**

$$Bseca = v \times \delta$$

Dónde:

V = Volumen (m<sup>3</sup>)

$\delta$  = Densidad (kg/ m<sup>3</sup>)

Para el volumen se usará la fórmula de Smalian:

$$V = \frac{\pi}{8} \times H(D1^2 \times D2^2)$$

Dónde:

V = Volumen (m<sup>3</sup>)

H = Altura (m)

D1 = Diámetro basal (m)

D2 = Diámetro a 1 m (m)

**Ecuación N°4. Contenido de carbono.**

$$C = B \times Fc$$

Dónde:

C = Carbono (TC)

B = Biomasa (kg)

1000 = Factor de conversión de kg a toneladas (T)

Fc = Fracción de carbono contenida en la biomasa (0.5)

Para poder estimar el carbono almacenado en la biomasa, se tiene que realizar a partir de una fracción de carbono promedio de 0.5, esto se debe a que aproximadamente el 50 % del peso seco de cualquier organismo está constituido por el carbono.

#### **Ecuación N°5 Contenido de carbono.**

$$Biomasa\ área = 0.122 * (\rho * dap^2 * ht)^{0.916}$$

Dónde:

$\rho$  = Densidad (kg/ m<sup>3</sup>) = 0.64 (Densidad de madera por defecto) (MINAM, 2014).

Dap = Diámetro a la altura del pecho

Ht = Altura total

Cabe resaltar que la presente ecuación es para calcular la biomasa área de los demás individuos al interior de cada parcela.

#### **b. Cálculo de biomasa y carbono total.**

Cuando se obtiene los datos del total de biomasa seca se determina el carbono por hectáreas. Para la *Puya Raimondii* las ecuaciones que resultan del procedimiento anterior son las que se usaran para estimar la biomasa seca total en cada estrato según densidad de planta/ ha. (SALAZAR, David, 2010).

$$B_A = \left( \sum AU \right) \times \left( \frac{10000}{AP} \right) \times Cp$$

Dónde:

BA = Biomasa arbórea sobre el suelo (T/ha)

$\Sigma AU$  = Sumatoria de biomasa arbórea de todos los individuos de la parcela (T)

AP = Área de la parcela (m<sup>2</sup>)

Cp = Cantidad de parcelas

Factor 10000 = Conversión del área (m<sup>2</sup>) de hectárea

#### **c. Cálculo de biomasa y carbono en la vegetación arbustiva/herbácea y hojarasca.**

Para obtener el cálculo de la biomasa seca de cada componente se tiene que usar la ecuación N°1 y ecuación N°2, luego se determinará el contenido de carbono con la ecuación N°3.

Para poder calcular la cantidad de carbono en hay en la biomasa de cada componente por hectárea, se parte de calcular a partir del tamaño de parcela (4 m<sup>2</sup>) para arbustos y herbáceas y 0.25 m<sup>2</sup>) para hojarasca) todo esto para convertir las unidades de la muestra de TC/ha.

$$\Delta BN \left( \frac{tn}{ha} \right) = \left( \frac{10000m^2}{\text{Tamaño de parcela}} \right) \times XM$$

Dónde:

$\Delta BN$  = Cantidad de carbono en la biomasa de vegetación no arbórea (TC/ha).

$XM$  = Promedio de la cantidad de carbono de todas las muestras (T).

Factor 10000 = conversión del área de m<sup>2</sup> a hectárea.

#### **d. Cálculo de la biomasa y carbono en individuos muertos.**

Para obtener el cálculo de la biomasa de los individuos muertos en pie o caídos, se utilizó el modelo propuesto por David Douterlungne (2013):

$$BPM = 0.1184 \times DAP^{(2,75)}$$

Dónde:

$BPM$  = Biomasa de plantas muertas en pie (T).

0.1148 = Constante

$DAP$  = Diámetro a la altura del pecho (m) – para el estudio a 1 m

2.75 = Constante.

- Para individuos muertos caídos:

$$BPMC = 0.4 \times DAP^2 \times L \times 0.25\pi$$

Dónde:

$BPMC$  = Biomasa de plantas muertas caídas (T)

0.4 = Densidad (valor asumido por convención)

$DAP$  = Diámetro promedio (m) – para el estudio a 1 m

$L$  = Longitud del árbol

0.25 = Constante

$\pi$  = pi, constante (3.1416)

Cuando se determina la biomasa de las plantas muertas en pie y caídas, se tiene que determinar el contenido de carbono usando la ecuación N°4.

**e. Cálculo de la biomasa subterránea.**

Esto se usa para el caso de las raíces, para esto se tiene que hacer una estimación empleando la siguiente ecuación (MARTÍNEZ, Daniel [et al], 2016, p05) y que es recomendada para todo tipo de bosques.

$$Y = \exp[-1.085 + 0.9256 \times \ln BA]$$

Dónde:

Y = Biomasa de raíces (t/ha)

ln = Logaritmo natural

exp = Potencia base (e)

BA = Biomasa aérea total (tha)

**f. Cálculo para determinar el carbono total almacenado.**

Finalmente se tiene que determinar el carbono total almacenado (MARTÍNEZ, Daniel [et al], 2016, p07.)

$$\Delta C_{Ecosistema} = \sum \Delta C_{depósitos}$$

Dónde:

$\Delta C_{Ecosistema}$  = Cantidad de carbono total de un ecosistema (tC/ha).

$\sum \Delta C_{depósitos}$  = Sumatoria de la cantidad de carbono total de todos los depósitos en el ecosistema (tC/ha).

Para calcular el carbono total de los depósitos medidos, se tiene que usar la siguiente fórmula:

$$\Delta C_{depósitos} = (\Delta C_{BA} + \Delta C_{BV} + \Delta C_{BM} + \Delta C_{BRF})$$

Dónde:

$\Delta C_{depósitos}$  = Cantidad de carbono de un determinado ecosistema

$\Delta C_{BA}$  = Cantidad de carbono de la Biomasa arbórea (tC/ha)

$\Delta C_{BV}$  = Cantidad de carbono de la Biomasa arbustiva - herbácea (tC/ha)

$\Delta C_{BM}$  = Cantidad de carbono de Hojarasca (tC/ha)

$\Delta C_{BRF}$  = Cantidad de carbono de la biomasa de raíces (tC/ha)

**g. Determinación del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) fijado**

El CO<sub>2</sub> capturado se tiene que determinar por medio de aplicaciones matemáticas, partiendo del peso del carbono presente en cada compartimento de la biomasa

seca y multiplicándolo por la relación existente entre el peso total de la molécula de CO<sub>2</sub> (O=16, C=12) y el átomo de carbono. (ETCHEVERS, Alejandro, 2011)

$$CO_2 = Kr \times C$$

$$Kr=CO_2/C \quad \Longrightarrow \quad Kr=12+(2*16)/12 \quad \Longrightarrow \quad Kr=44/12=3.67$$

Dónde:

CO<sub>2</sub> = Dióxido de Carbono

Kr = 44/12 (una unidad de carbono elemental corresponde a 3.67 unidades de CO<sub>2</sub> )

C = Carbono acumulado

Esto quiere decir que, por cada kg de carbono encontrado en la biomasa seca del árbol, éste ha capturado 3.67 kg de CO<sub>2</sub>

## 2.6. Método de análisis de información

Se realizará mediante las ecuaciones alométricas basadas en la evaluación de componentes tales como diámetro basa, la altura total y la DAP. Estos resultados serán analizados utilizando el programa Microsoft Excel 2017.

## 2.7. Aspectos éticos

### 2.7.1. Ambiente:

Como se sabe que la *Puya Raimondii Harms* es una especie que en la actualidad está en peligro de extinción, es por eso que para el desarrollo de este estudio nos estamos preocupando en no usar métodos que afecten la planta. El método que se escogió para el desarrollo de estudio es el método semidestructivo el cual se realiza mediante mediciones de volumen y densidad, así como el pesado de algunas partes de la especie (hojas caídas) para luego aplicar ecuaciones alométricas y obtener el resultado final de nuestra investigación y procurar la conservación de la especie a estudiar.

### 2.7.2. Veracidad

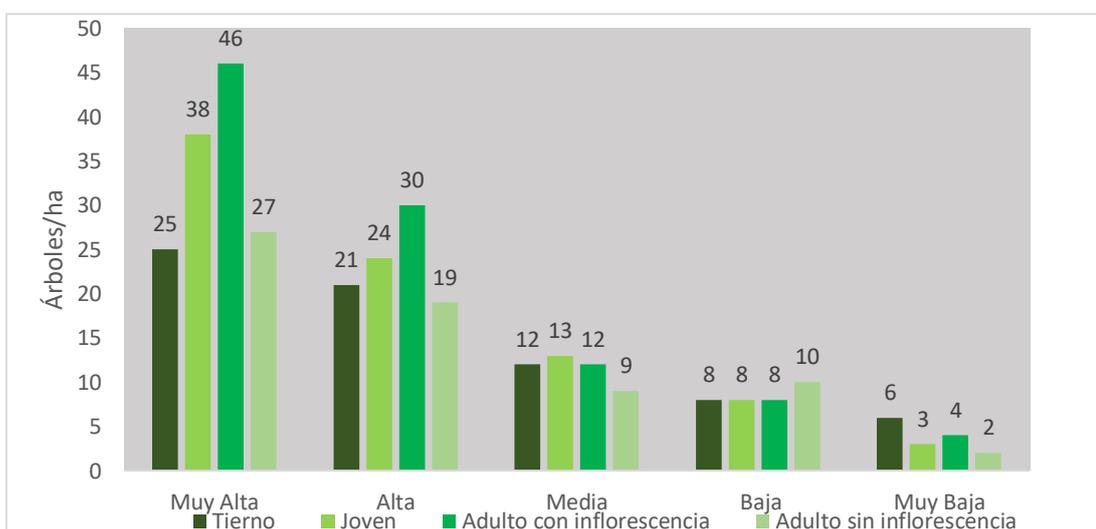
Los datos que se obtendrán en el resultado final del estudio serán confiables ya que la metodóloga con la que se está trabajando es supervisada y evaluada por un especialista en el tema y así mismo contamos con asesoría del especialista del Santuario Nacional de Calipuy.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Almacenamiento de carbono en la biomasa área y subterránea

La Figura 2 describe el total de ejemplares promedio de plantas según su estado de desarrollo que fueron encontradas por cada estrato en el Santuario Nacional de Calipuy, clasificándolas como plantas platas tiernas (T), jóvenes(J), adulto con inflorescencia (ACI) y adulto sin inflorescencia (ASI) según la distribución por edades descrita en la tabla N02.

Del mismo modo, se observa el número promedio de plantas de *puya raimondii harms* por cada unidad de área para cada estrato definido, teniendo como resultado de 136, 94, 46, 34 y 15 individuos/ha para los estratos de densidad muy alta, alta, media, baja y muy baja.



**Figura N°02.** Número de plantas promedio por unidad de área encontradas en el Santuario Nacional de Calipuy.

Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.2. Biomasa vegetal en el Santuario Nacional de Calipuy según estratos y estados de desarrollo

Tabla N°04. Biomasa vegetal en el Santuario Nacional de Calipuy por unidad de área

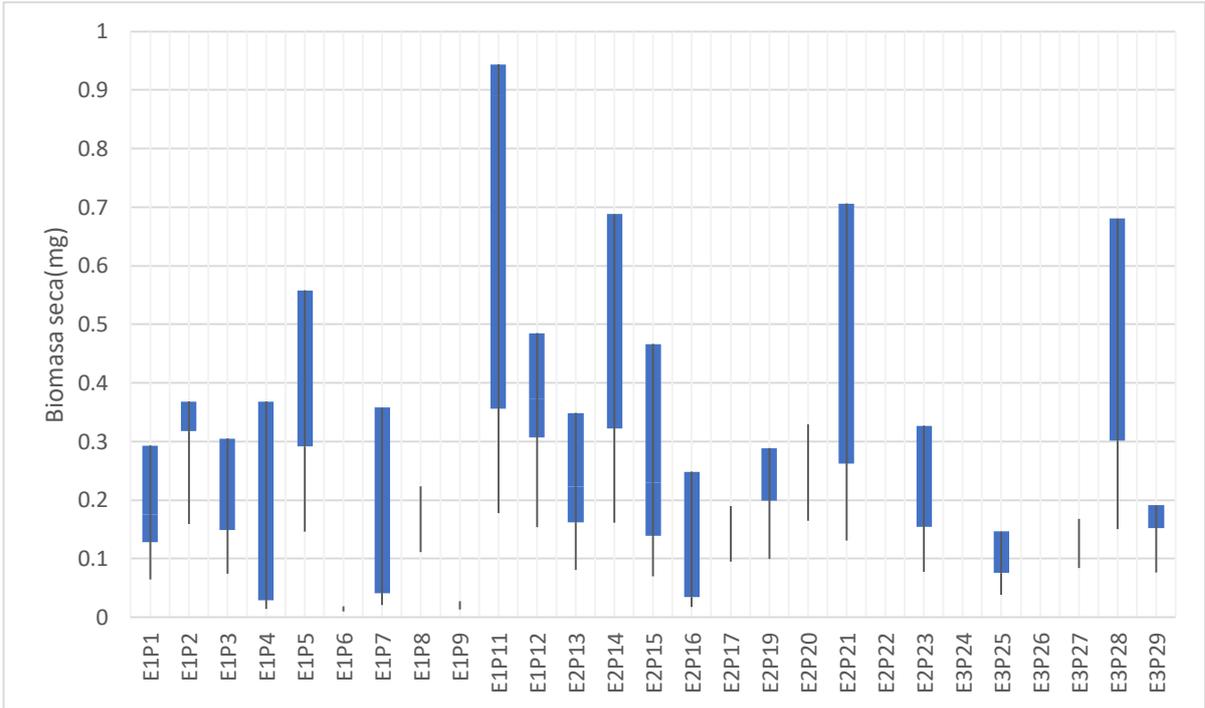
Estrato	Estado de desarrollo	Biomasa de plantas vivas T/ha	Biomasa de plantas muertas T/ha	Biomasa arbustiva T/ha	Biomasa de herbáceas T/ha	Hojarasca T/ha	Biomasa de raíces T/ha	Biomasa Total T/ha
<b>Densidad Muy Alta</b>	Joven	23.1072						
	Tierno	23.4082						
	Adulto con inflorescencia	25.9524						
	Adulto sin inflorescencia	23.0393						
	<b><math>\sum \nabla Biomasa</math></b>	95.5071	2.5416	0.0326	0.0345	0.062	9.9291	108.1069
<b>Densidad Alta</b>	Joven	18.8629						
	Tierno	14.5517						
	Adulto con inflorescencia	18.6113						
	Adulto sin inflorescencia	15.674						
	<b><math>\sum \nabla Biomasa</math></b>	67.6999	1.8486	0.033	0.0274	0.045	8.2146	77.8680
<b>Densidad Media</b>	Joven	6.4534						
	Tierno	4.4066						
	Adulto con inflorescencia	6.1176						
	Adulto sin inflorescencia	4.5342						
	<b><math>\sum \nabla Biomasa</math></b>	21.5118	0.5420	0.0246	0.0284	0.030	11.1065	33.2433
<b>Densidad Baja</b>	Joven	3.7966						
	Tierno	4.7073						
	Adulto con inflorescencia	4.7525						

	Adulto sin inflorescencia	5.9078						
	$\Sigma \nabla Biomasa$	19.1642	0.9541	0.0292	0.0249	0.043	4.6545	24.8694
<b>Densidad Muy Baja</b>	Joven	0.9731						
	Tierno	2.0858						
	Adulto con inflorescencia	1.9093						
	Adulto sin inflorescencia	0.6373						
	$\Sigma \nabla Biomasa$	5.6055	0.2501	0.0196	0.0306	0.035	2.4161	8.3566
Total de biomasa por componente		209.4885	6.1364	0.1390	0.1458	0.2137	36.3208	252.4442
Max		95.5071	2.5416	0.0326	0.0345	0.062	9.9291	108.1069
Min		5.6055	0.2501	0.0196	0.0306	0.0347	2.4161	8.3566

Fuente: Elaboración propia

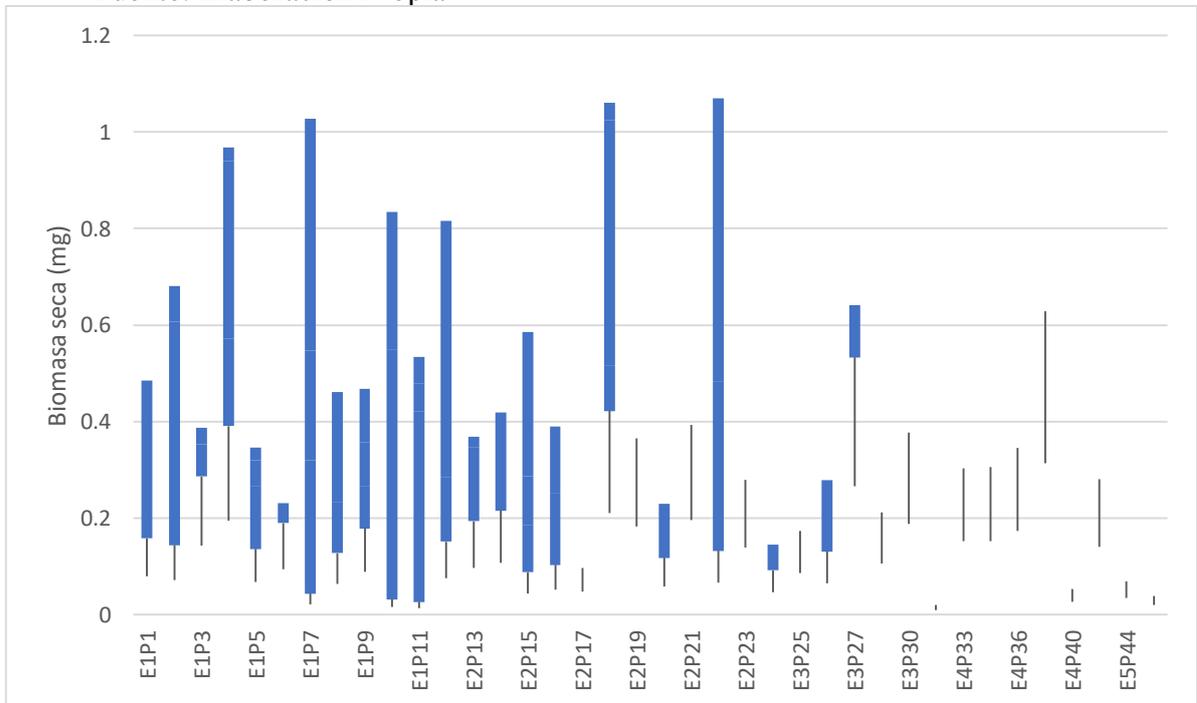
En la tabla N°04 se observa la existencia de un incremento de la biomasa total y de cada componente vegetal a mayor densidad forestal, alcanzando cifras de 108 t/ha en relación al estrato de densidad muy alta, disminuyendo hasta 8 t/ha para el estrato de densidad muy baja. Además, a nivel de Santuario se tiene un resultado de 252 t/ha de biomasa vegetal total acumulada.

En las figuras 03, 04, 05 y 06 se muestra la distribución de la biomasa de *Puya Raimondii Harms* clasificados según sus estados de desarrollo por parcela y estratos de densidad forestal, observándose una variabilidad mayor para los árboles adultos con inflorescencia y en menor medida para plantas jóvenes y tiernas, mientras para las plantas sin inflorescencia es notable la estabilidad de acuerdo a sus estratos forestales en toda el área del Santuario Nacional de Calipuy.



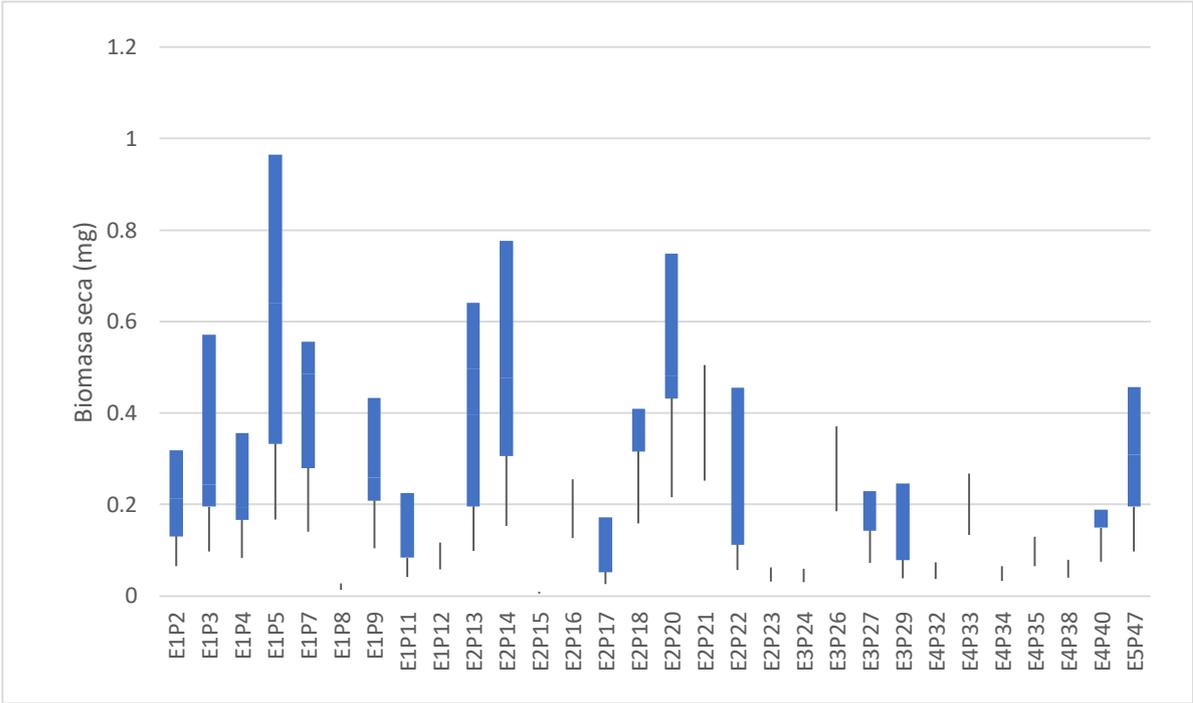
**Figura N°03:** Diagrama de caja (Box Plot) de biomasa seca de plantas sin inflorescencia por parcela.

Fuente: Elaboración Propia



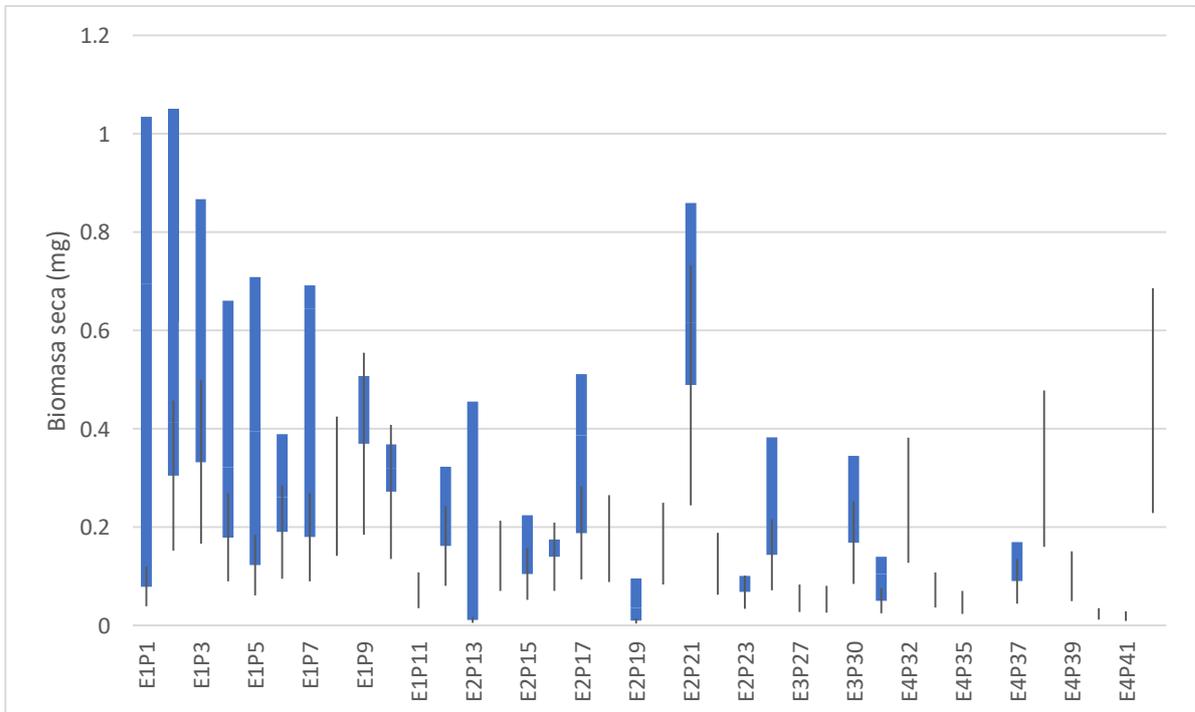
**Figura N°04:** Diagrama de caja (Box Plot) de biomasa seca de plantas con inflorescencia por parcela.

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N°05.** Diagrama de caja (Box Plot) de biomasa seca de plantas tiernas por parcela.

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N°06:** Diagrama de caja (Box Plot) de biomasa seca de plantas jóvenes por parcela

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.1.3. Almacenamiento de carbono en el Santuario Nacional de Calipuy según estratos forestales y estados de desarrollo

**Tabla N°05.** Carbono aéreo y subterráneo almacenado en los rodales de *Puya Raimondii Harms* por unidad de área en el Santuario Nacional de Calipuy

Estrato	Estado de desarrollo	Carbono de plantas vivas T/ha	Carbono de plantas muertas T/Ha	Carbono arbustiva T/ha	Carbono de herbáceas T/ha	Hojarasca T/ha	Carbono de raíces T/ha	Carbono Total T/ha
<b>Densidad Muy Alta</b>	Joven	11.5536						
	Tierno	11.7041						
	Adulto con inflorescencia	12.9762						
	Adulto sin inflorescencia	11.5196						
	<b>∑ ∇Carbono</b>	47.7535	1.2708	0.0163	0.0173	0.0310	4.9646	54.0535
<b>Densidad Alta</b>	Joven	9.4314						
	Tierno	7.2758						
	Adulto con inflorescencia	9.3056						
	Adulto sin inflorescencia	7.837						
	<b>∑ ∇Carbono</b>	33.8500	0.9243	0.0165	0.0137	0.0223	4.1073	38.9340
<b>Densidad Media</b>	Joven	3.2267						
	Tierno	2.2033						
	Adulto con inflorescencia	3.0588						
	Adulto sin inflorescencia	2.2671						
	<b>∑ ∇Carbono</b>	10.7559	0.2710	0.0123	0.0142	0.0150	5.5532	16.6217

	Joven	3.7966						
	Tierno	4.7073						
<b>Densidad Baja</b>	Adulto con inflorescencia	4.7525						
	Adulto sin inflorescencia	5.9078						
	<b><math>\Sigma \nabla</math>Carbono</b>	19.1642	0.4771	0.0146	0.0125	0.0213	2.3272	22.0168
	Joven	0.4865						
	Tierno	1.042						
<b>Densidad Muy Baja</b>	Adulto con inflorescencia	0.9546						
	Adulto sin inflorescencia	0.3186						
	<b><math>\Sigma \nabla</math>Carbono</b>	2.8028	0.1250	0.0098	0.0153	0.0174	1.2081	4.1783
	Total de biomasa por componente	114.3264	3.0682	0.0695	0.0729	0.1069	18.1604	135.8042
	Max	47.7535	1.2708	0.0163	0.01725	0.031	4.9646	54.0535
	Min	2.80275	0.1250	0.0098	0.0153	0.01735	1.2081	4.1783

Fuente: Elaboración Propia

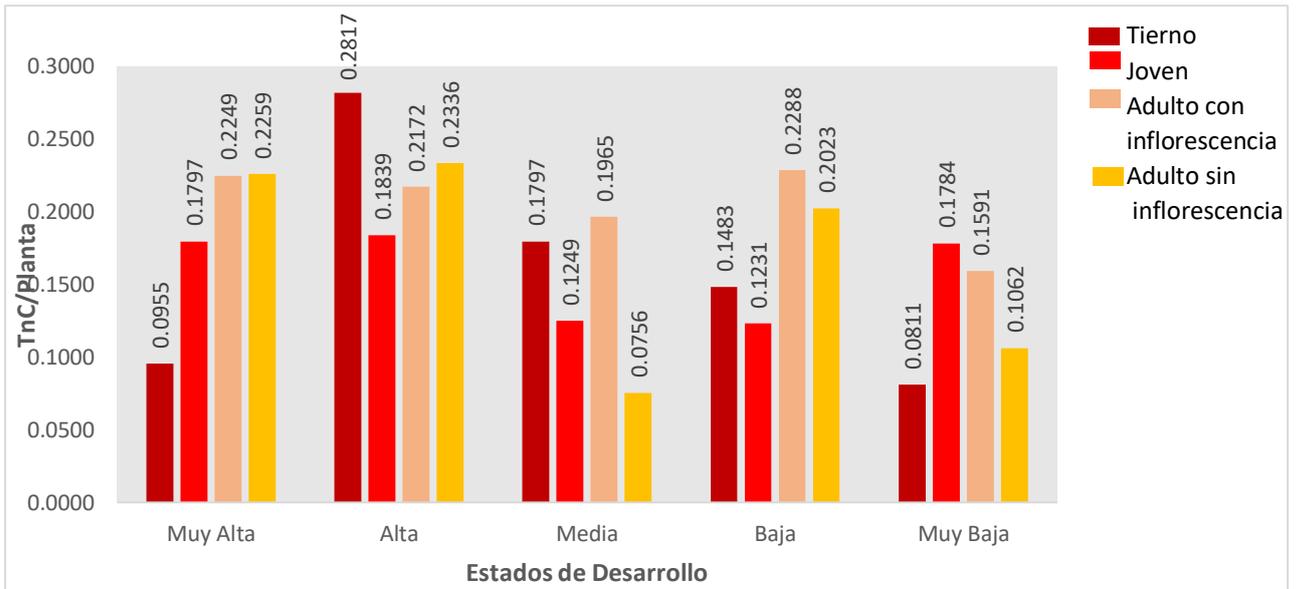
En la tabla N°05 se observa que el carbono almacenado en la biomasa aérea por unidad de área para el Santuario Nacional de Calipuy alcanza significativamente la cifra mayor de 104 tn C/ha en relación al carbono encontrado en la biomasa arbustiva (*Genus Baccharis*) con un total de 0.069 tnC/ha. Además, el carbono almacenado en el estrato de densidad forestal muy alta es mayor a comparación de los demás estratos, que va disminuyendo relativamente.

### 3.1.4. Almacenamiento de Carbono por planta según su estado de desarrollo

**Tabla N°06.** Carbono almacenado por planta según estado de desarrollo

<b>Estado de Desarrollo</b>	<b>Estrato de densidad forestal</b>	<b>Arb/ha</b>	<b>Biomasa T/planta</b>	<b>TnC/planta</b>
<b>Tierno</b>	Muy Alta	25	0.1910	0.0955
	Alta	21	0.5634	0.2817
	Media	12	0.3593	0.1797
	Baja	8	0.2966	0.1483
	Muy Baja	6	0.1622	0.0811
	<b>Promedio</b>		<b>0.3372</b>	<b>0.1572</b>
<b>Joven</b>	Muy Alta	38	0.3593	0.1797
	Alta	24	0.3678	0.1839
	Media	13	0.2498	0.1249
	Baja	8	0.2462	0.1231
	Muy Baja	3	0.3567	0.1784
	<b>Promedio</b>		<b>0.3160</b>	<b>0.1580</b>
<b>Adulto con inflorescencia</b>	Muy Alta	46	0.4499	0.2249
	Alta	30	0.4344	0.2172
	Media	12	0.3930	0.1965
	Baja	8	0.4577	0.2288
	Muy Baja	9	0.3182	0.1591
	<b>Promedio</b>		<b>0.4106</b>	<b>0.2053</b>
<b>Adulto sin inflorescencia</b>	Muy Alta	27	0.4518	0.2259
	Alta	19	0.4672	0.2336
	Media	9	0.1511	0.0756
	Baja	10	0.4047	0.2023
	Muy Baja	2	0.2124	0.1062
	<b>Promedio</b>		<b>0.3375</b>	<b>0.1687</b>

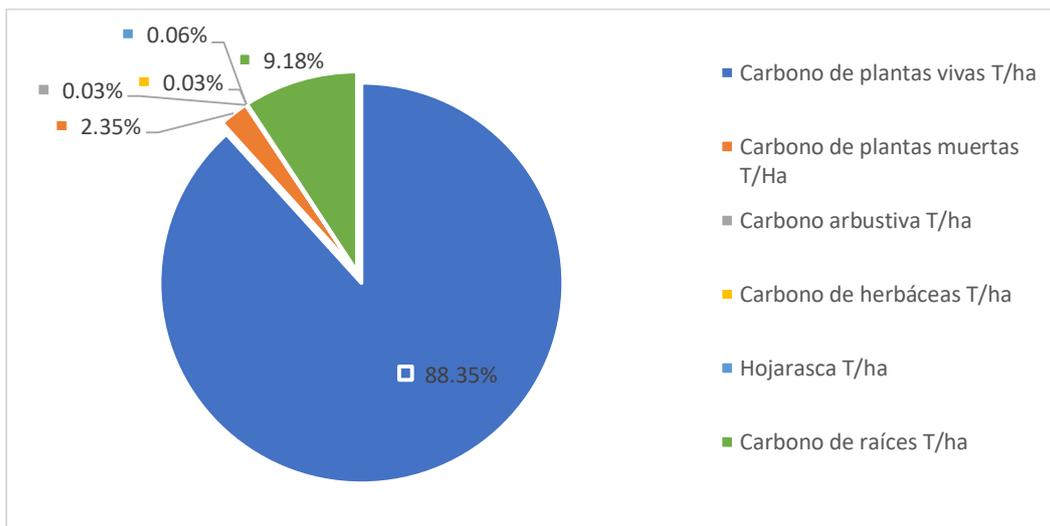
En la tabla 06 y figura 7 se muestra la cantidad de biomasa por tonelada/planta y tonelada de carbono/planta según sus estados de desarrollo, destacando con mayor cantidad de almacenamiento las plantas con inflorescencia con un total de 0.20TnC/planta y con un promedio de 0.41 biomasa T/planta. Por otro lado, las plantas en su estado de desarrollo tierno son las que menos carbono almacenado por planta poseen con un total de 0.15 TnC/planta y una biomasa de 0.33 T/planta.



**Figura N°07.** Carbono almacenado por planta según sus estados de desarrollo

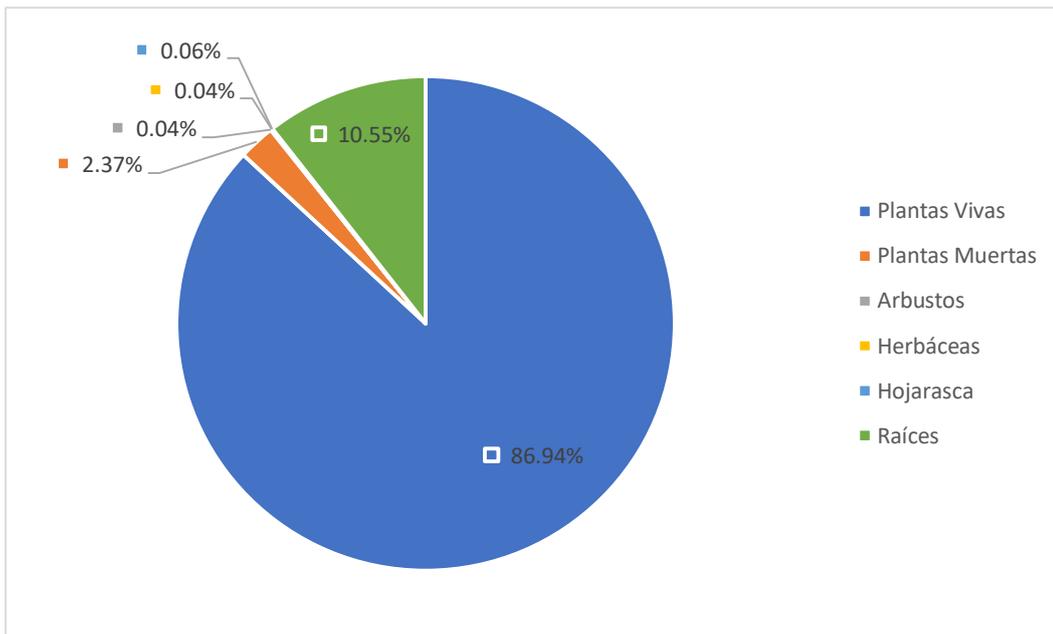
Fuente: Elaboración Propia

En las figuras 08, 09, 10,11 y 12 muestra los porcentajes de carbono almacenado para cada componente por estratos de densidades forestales, indicando que las plantas vivas tienen mayores depósitos de carbono en los cinco estratos mencionados, alcanzando en promedio de 88.35%, 86.94%, 64.71%, 87.04% y 67.08% para los estratos de densidad forestal muy alta, alta, media, baja y muy baja, respectivamente; respecto al carbono almacenado en plantas muertas, vegetación arbustivas y/o herbáceas, hojarasca y raíces.



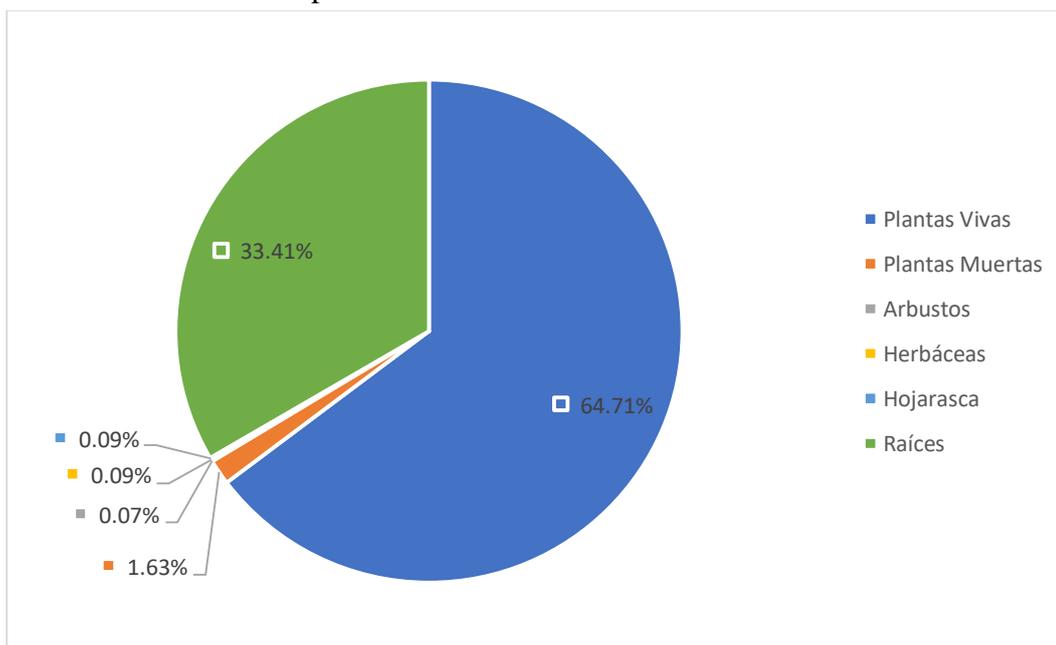
**Figura N°08.** Comparación en porcentaje (%) entre los depósitos de carbono en el estrato de densidad forestal muy alta.

Fuente: Elaboración Propia



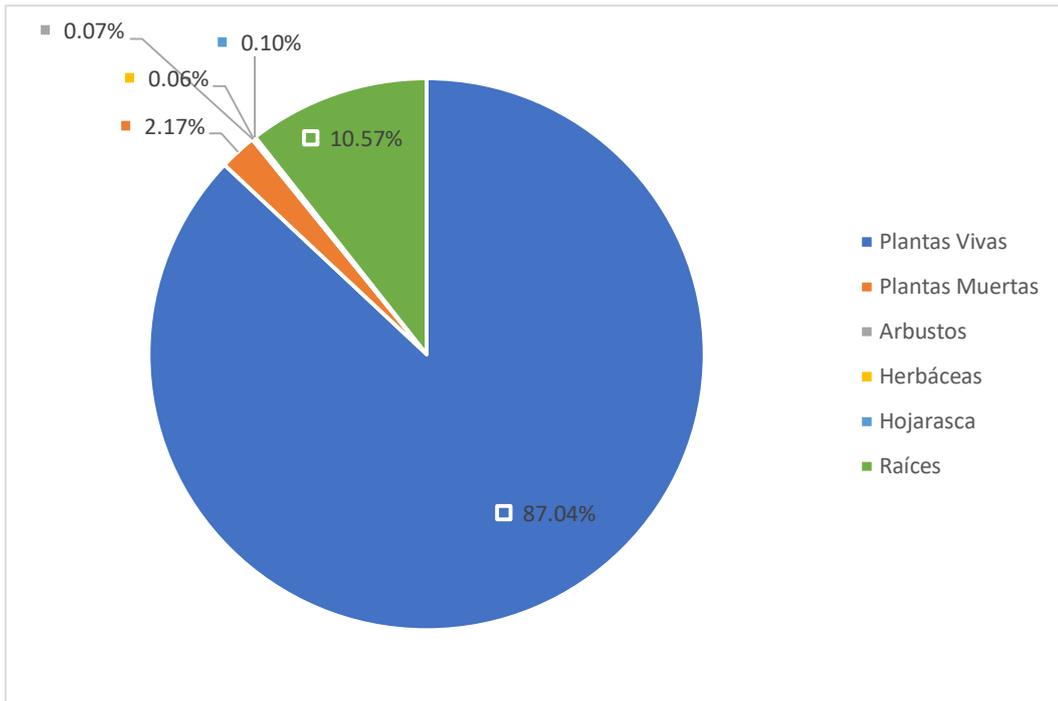
**Figura N°09.** Comparación en porcentaje (%) entre los depósitos de carbono en el estrato de densidad forestal alta.

Fuente: Elaboración Propia



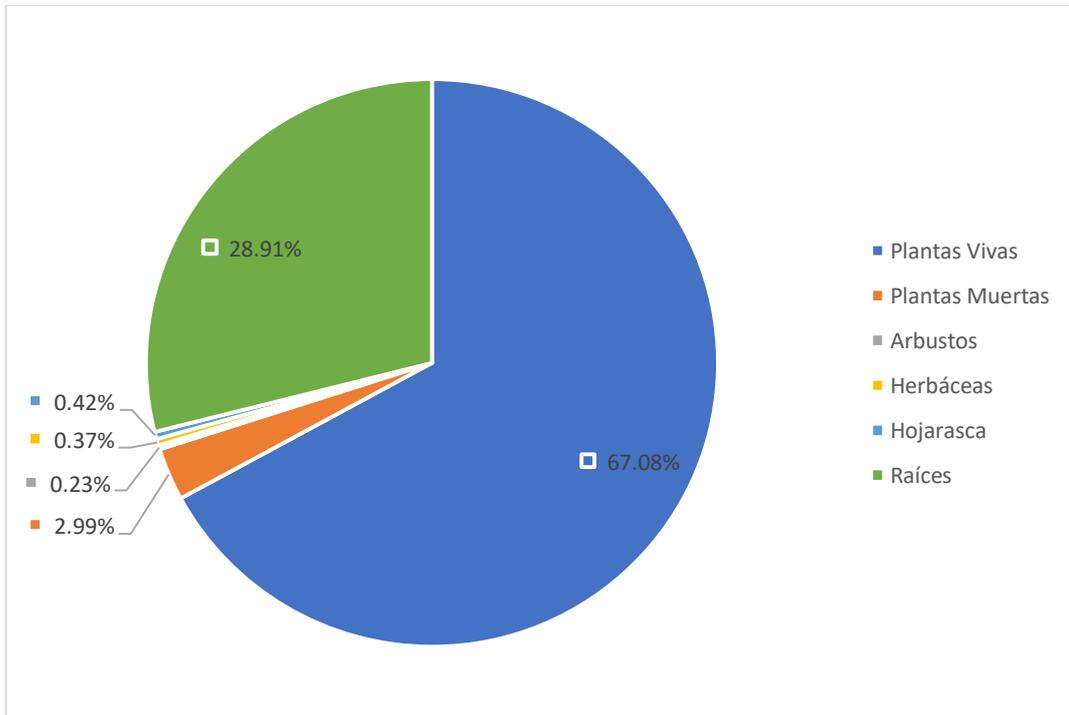
**Figura N°10.** Comparación en porcentaje (%) entre los depósitos de carbono en el estrato de densidad forestal media.

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N°11:** Comparación en porcentaje (%) entre los depósitos de carbono en el estrato de densidad forestal baja.

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N°12.** Comparación en porcentaje (%) entre los depósitos de carbono en el estrato de densidad forestal muy baja.

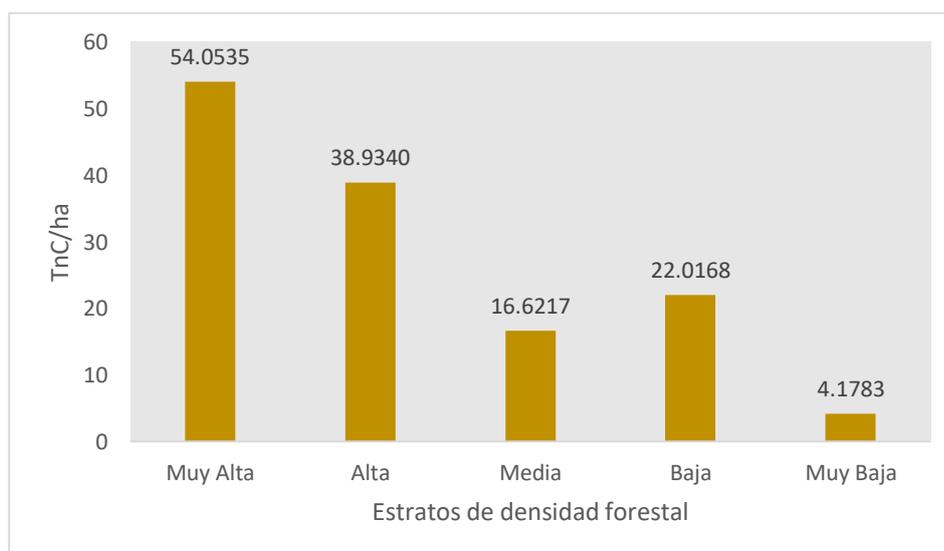
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N°07.** Resumen del carbono total almacenado por estratos forestales

Estrato de Densidad Forestal	Carbono de plantas vivas T/ha	Carbono de plantas muertas T/ha	Carbono arbustiva T/ha	Carbono de herbáceas T/ha	Hojarasca T/ha	Carbono de raíces T/ha	Carbono Total T/ha
Muy Alta	47.7536	1.2708	0.0163	0.0173	0.0310	4.9646	54.0535
Alta	33.8500	0.9243	0.0165	0.0137	0.0223	4.1073	38.9340
Media	10.7559	0.2710	0.0123	0.0142	0.0150	5.5532	16.6217
Baja	19.1642	0.4771	0.0146	0.0125	0.0213	2.3272	22.0168
Muy Baja	2.8028	0.1250	0.0098	0.0153	0.0174	1.2081	4.1783
<b>Total</b>	114.3264	3.0682	0.0695	0.0729	0.1069	18.1604	135.8042
<b>Max</b>	47.7536	1.2708	0.0163	0.0173	0.0310	4.9646	54.0535
<b>Min</b>	2.8028	0.1250	0.0098	0.0153	0.0174	1.2081	4.1783

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 07 se observa las reservas de carbono acumulado por cada estrato de densidad forestal, de la misma forma, en la figura 13 se puede visualizar gráficamente dichas reservas evaluadas en el Santuario Nacional de Calipuy apreciando para las densidades muy alta, alta, media, baja y muy baja los resultados de 54, 38, 22 y 4 tnC/ha, respectivamente.



**Figura N°13:** Comparación de carbono almacenado en los rodales de *puya raimondii* harms en el Santuario Nacional de Calipuy según estratos forestales.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2. Flujo anual de Carbono en el Santuario Nacional de Calipuy

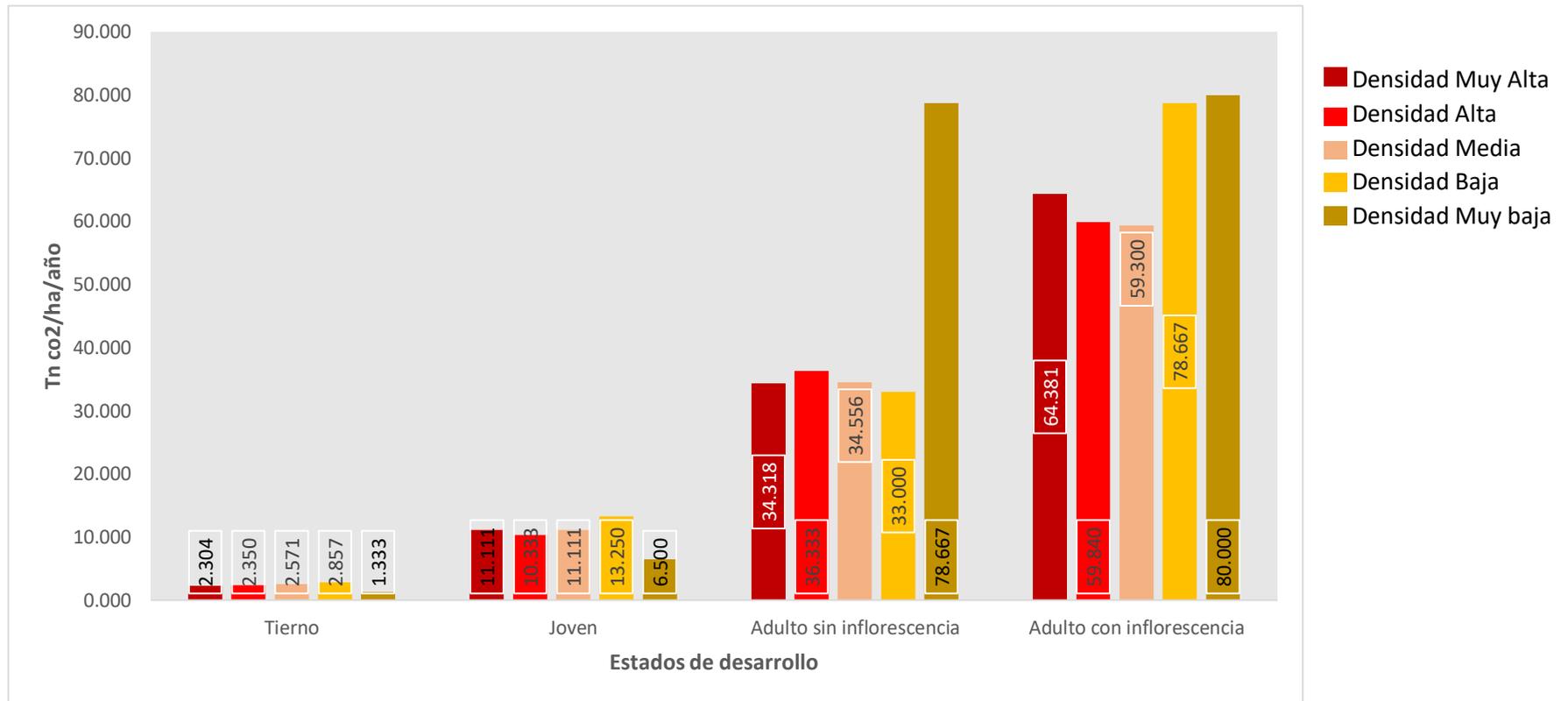
El flujo anual de carbono en el Santuario Nacional de Calipuy se calculó dividiendo las toneladas de carbono/ ha entre la edad promedio de la *puya raimondii harms* según su estado de desarrollo, expresándose de esta manera la dinámica de la acumulación de carbono. Cabe resaltar que la comunidad internacional otorga los créditos por el servicio ambiental estableciendo los flujos reales de carbono almacenados por cada año ( $CO_2/ha/año$ ).

**Tabla N°08.** Tasa de  $CO_2$  fijado anualmente por unidad de área

Estrato	Estado de desarrollo	Edad (años)	Carbono total de Puya/ha	CO2 fijado/ha	CO2 Fijado/ha/año
<b>Densidad Muy Alta</b>	Tierno	2.304	11.5536	42.4017	18.4007
	Joven	11.111	11.7041	42.9540	3.8659
	Adulto sin inflorescencia	34.318	12.9762	47.6227	1.3877
	Adulto con inflorescencia	64.381	11.5197	42.2771	0.6567
	<b>Total</b>				<b>24.3110</b>
<b>Densidad Alta</b>	Tierno	2.350	9.7315	35.7144	15.1976
	Joven	10.333	7.2759	26.7024	2.5841
	Adulto sin inflorescencia	36.333	9.3057	34.1517	0.9400
	Adulto con inflorescencia	59.840	7.8370	28.7618	0.4806
	<b>Total</b>				<b>19.2023</b>
<b>Densidad Media</b>	Tierno	2.571	3.2267	11.8420	4.6052
	Joven	11.111	2.2033	8.0861	0.7277
	Adulto sin inflorescencia	34.556	3.0588	11.2258	0.3249
	Adulto con inflorescencia	59.300	2.2671	8.3203	0.1403
	<b>Total</b>				<b>5.7981</b>
<b>Densidad Baja</b>	Tierno	2.857	3.7966	13.9335	4.8767
	Joven	13.250	4.7073	17.2758	1.3038
	Adulto sin inflorescencia	33.000	4.7525	17.4417	0.5285
	Adulto con inflorescencia	78.667	5.9078	21.6816	0.2756
	<b>Total</b>				<b>6.9847</b>
<b>Densidad muy Baja</b>	Tierno	1.333	0.4866	1.7856	1.3392
	Joven	6.500	1.0429	3.8274	0.5888
	Adulto sin inflorescencia	36.000	0.9547	3.5036	0.0973
	Adulto con inflorescencia	80.000	0.3187	1.1694	0.0146
	<b>Total</b>				<b>2.0400</b>

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 08 muestra el dióxido de carbono almacenado en toneladas de carbono/ha/año, resultando que mientras más denso es el rodal el  $CO_2$  fijado se incrementa en un 24.31  $tCO_2/ha/año$ , mientras que en el rodal de densidad baja el incremento es de 2.04  $tCO_2/ha/año$ .



**Figura N°14.** Flujo anual de carbono fijado por *puya raimondii harms* según su estado de desarrollo.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 14 se observa que la edad de la *puya raimondii harms* influye directamente en el flujo de carbono, de esta forma a medida que el individuo incrementa su estado de madurez el  $CO_2$  fijado anualmente aumenta en un 68  $TCO_2$ /ha/año, y decrece conforme su estado de desarrollo de la planta disminuye hasta sus etapas iniciales (plantas tiernas), llegando a un flujo inicial de 2.28  $TCO_2$ /ha/año.

### 3.3. Almacenamiento de Carbono y CO<sub>2</sub> totales en el Santuario Nacional de Calipuy

**Tabla N°09.** Carbono total y dióxido de carbono fijado en el Santuario Nacional de Calipuy

Estrato	Superficie (ha)	Carbono (T/ha)	CO <sub>2</sub> fijado/ha	Total de Carbono (TnC)	Total de CO <sub>2</sub> fijado (TCO <sub>2</sub> )
Densidad Muy Alta	36.163	54.0535	198.3762	1954.7225	7173.8316
Densidad Alta	194.991	38.9340	142.8878	7591.7770	27861.8216
Densidad Media	360.070	16.6217	61.0015	5984.9625	21964.8125
Densidad Baja	703.375	22.0168	80.8017	15486.0638	56833.8541
Densidad Muy Baja	3205.680	4.1783	15.3343	13394.2596	49156.9328
Total	4500	135.8042	498.4015	44411.7855	162991.2526

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 09 se observa el carbono total y el dióxido de carbono fijado en el Santuario Nacional de Calipuy, destacando con mayor almacenamiento el estrato de densidad forestal baja con un total de carbono de 15 486. toneladas de carbono (tnC) y 56 833 toneladas de dióxido de carbono fijado(tCO<sub>2</sub>). El estrato con menor almacenamiento de carbono y dióxido de carbono con un resultado de 1954 tnC y 7173 tCO<sub>2</sub> fijado respectivamente, es el estrato de densidad forestal muy alta. Además, el total de carbono almacenado en el Santuario Nacional de Calipuy es de 44 411 tnC y el total de dióxido de carbono fijado es de 162 991 tCO<sub>2</sub>.

#### IV. DISCUSIÓN

##### **a- Densidad de masa de árboles de *Puya Raimondii Harms* en el Santuario Nacional de Calipuy según sus estados de Desarrollo (densidad poblacional de especies)**

De los cinco estratos se identificó que en el estrato de muy alta densidad comúnmente existe un total de 136 arb/ha, de los cuales el mayor porcentaje es representado por plantas adultas con inflorescencia con 46arb/ha, y llegando a un mínimo de 25arb/ha para plantas en estado de desarrollo tierno. El patrón del flujo de arb/ha se repite en el estrato de densidad alta. Sin embargo, para el estrato de densidad media, baja y muy baja el flujo de individuos tiernos va en aumento con 12arb/ha, 8 arb/ha y 6 arb/ha, respectivamente. Cabe resaltar que en el estrato de densidad muy baja se obtuvo los flujos menores de árboles por hectárea a comparación de los demás estratos, con un total de 15 arb/ha. La razón de estos resultados se debe a que en los estratos de densidad muy alta, alta y media se sitúan en la zona turística del Santuario de Calipuy y con fácil accesibilidad de parte de los turistas y guardaparques, haciendo factible su protección y conservación.

Por otro lado, los estratos de densidad baja y muy baja se encuentran dispersos en los alrededores del santuario y de difícil acceso y protección. Sin embargo, dichos estratos están expuestos a ser invadidos por pobladores aledaños al santuario, que realizan sus actividades de pastoreo y agricultura, provocando una disminución de la biomasa vegetativa en los rodales de *puya raimondi harms*. Cabe mencionar que las plantas en estado de desarrollo joven y adultas sin inflorescencia son las más vulnerables a deteriorarse por motivo de su altura, conforme lo descrito por Salazar (2010), él cual afirma que a pesar que estos individuos se desarrollan normalmente en rodales, existen ejemplares que crecen de forma aislada y gracias a sus dimensiones de la misma logran sobrevivir a la quema de biomasa arbustiva/herbácea de parte de los moradores. Asimismo, es demostrado por Kaory (2015) que obtuvo como resultados un total de 197, 115 y 94 individuos/ha para los estratos de densidad alta, media y baja, respectivamente.

##### **b-Biomasa vegetal en el Santuario Nacional de Calipuy según estratos y estados de desarrollo**

En contraste con la biomasa vegetativa según estratos, los valores más destacados pertenecen al estrato de densidad forestal muy alta con 108 toneladas de biomasa por hectárea (tn/ha), dentro del cual y a excepción de la biomasa acumulada en plantas vivas, resaltan los compartimentos de plantas muertas y biomasa fijada en raíces, con resultados de 2.54 y 9.92 tn/ha, respectivamente. Sin embargo, la biomasa acumulada en los compartimentos arbustiva, herbácea y hojarasca poseen cantidades significativamente

bajas a comparación de los demás con resultados de 0.032, 0.034 y 0.062 tn/ha, respectivamente. El patrón de flujo de biomasa en tn/ha de los distintos compartimentos se repiten en todos los estratos de densidades forestales, indicando que existe un desarrollo óptimo de las plantas de *puya raimondii harms*, pero las demás especies presentan problemas de desarrollo limitados por los fuertes vientos, clima, suelo pobre en materia orgánica y que sus dimensiones son relativamente pequeños. Cabe mencionar que, para los estratos medio, baja y muy baja los valores de biomasa arbustiva y herbácea al estar expuestos en áreas abiertas están directamente afectados por los vientos, lluvias y un sol excesivo. Este último punto es comprobado por Kaory (2015) que describe que en el estrato de densidad baja los valores resaltantes de biomasa herbácea son menores a diferencia de los demás compartimentos, sin embargo, para el estrato de densidad alta existe un buen desarrollo de la biomasa arbustiva y de la hojarasca con valores de 0.71 y 2.51 tn/ha, respectivamente. Ello se debe a que el suelo cuenta con carga orgánica elevada.

Por otro lado, en la distribución de biomasa por unidad de áreas según estados de desarrollo de la *puya raimondii harms*, existe una variabilidad mayor para los árboles adultos con inflorescencia según lo observado en el diagrama de caja resaltando la ubicación espacial muy dispersa (Figura 03), por motivo de estar situadas en áreas determinadas en el santuario, y que por el tiempo que toma a la especie culminar su periodo vegetativo variando desde los 22 hasta los 100 años o más (Rivera, 2015). Además, afirma que existen muchos ejemplares que truncan su desarrollo vegetativo o no logran llegar hasta la etapa de madurez por factores diversos, tales como la exposición a fuertes vientos que ocasionan el derribamiento del individuo o la misma topografía del lugar. (Salazar, 2010); esto ocurre en probabilidades menores para los árboles sin inflorescencia que según el análisis de diagrama de caja se observa una distribución espacial uniforme y normal a nivel de parcelas, aunque presenta una variabilidad en cuanto a distancia (Figura 02) por motivo que son plantas que por su edad están establecidas a nivel fenológico, y que han alcanzado alturas promedias aunque no excesivas como las adultas con inflorescencia y por tanto, son más resistentes frente a factores que impiden su desarrollo; no obstante, las plantas tiernas y jóvenes presentan un diagrama de caja muy similar a las adultas con inflorescencia, debido a que por su baja altura les convierte en individuos vulnerables a la quema y el pastoreo de los comuneros, dificultando su desarrollo normal y homogéneo.

### **c-Almacenamiento de carbono por planta según estado de desarrollo**

En relación a los cuatro estados de desarrollo definidos, los más resaltantes son los estados de desarrollo joven y adulto con inflorescencia con flujos de 0.21 y 0.20 toneladas de carbono por planta (tnC/planta), dado que existe mayor concentración de árboles por hectárea, logrando mayor concentración de biomasa y por ende mayor almacenamiento de carbono. A diferencia de los anteriores, los estados de desarrollo tierno y adulto sin inflorescencia tienen un resultado similar de 0.16 y 0.16 tnC/planta, por motivo que existe una menor concentración de árboles por hectárea.

### **d-Carbono almacenado en los rodales de *puya raimondii harms* según estratos y estados de desarrollo**

De la totalidad de carbono almacenado por estrato en el Santuario Nacional de Calipuy, destaca el estrato de densidad forestal muy alta con un almacenamiento total de 54 toneladas de carbono por hectárea (tnC/ha), mientras que para los estratos de densidades alta, media, baja y muy baja los valores dados son de 38, 16, 22 y 4 tnC/ha, respectivamente (Tabla 06); comprobándose una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos que probablemente se da por diversos factores, como es la densidad de masa vegetal afirmado por Venegas (2013), los densos bosques y aquellos que no sufrieron perturbación alguna poseen mayor capacidad de almacenar carbono; comprobado por Jorge (2016), quien concluyó que hay una directa relación entre el contenido de carbono y la cantidad de biomasa, producto que las plantas son quienes que a través de sus funciones fenológicas facultan la entrada de dióxido de carbono al interior de ellas, lo distribuyen a diferentes partes de la misma sintetizándola en oxígeno; finalmente, el dióxido de carbono se deposita en el suelo descomponiéndose en materia orgánica activa, que en función a la cantidad de nutrientes y tipo de suelo en el que se encuentre, además de la cantidad de agua se convertirá en materia orgánica estable y con capacidad de almacenar carbono; otro factor resaltante es el grado de exposición de las plantas al sol y la forma topográfica del lugar que están relacionadas directamente con el crecimiento vegetativo, para mayor precisión, con la *puya raimondii harms*, como por ejemplo en el estrato de densidad forestal baja las pendientes son casi inadvertidos y con exposición elevadas al sol, además de ser de fácil acceso a los pobladores y al ganado, aumentando su vulnerabilidad a ser cortados e incendiados y limitando su crecimiento; sin embargo, a medida que las densidades forestales aumentan, la topografía del terreno cambia hasta el grado de caracterizarse por pendientes moderadas a muy fuertes y de suelo rocoso, dificultando el paso de pobladores y favoreciendo su desarrollo.

Acerca del carbono almacenado en la biomasa subterránea y aérea se estimó en promedio que la biomasa aérea es superior a lo estimado en la biomasa subterránea, con resultados de 22 TC/ha y 3 tC/ha (Tabla N°04); de la misma forma, se contrasta estos resultados con diferencia estadística significativa en conformidad con los estratos de densidades forestales (Tabla N°06), presentando valores más elevados para la densidad muy alta en relación con los estratos de densidad media, baja y muy baja, asumiendo la postura que las densidades mayores presentan un número más alto de plantas con inflorescencia, y las densidades más bajas tienen un número mayor de plantas tiernas, siendo las primeras en obtener una mayor capacidad de almacenamiento de carbono con un resultado de 0.205 tnC/planta. Estos resultados son expuestos por Kaory (2015) y Kano y Ramírez (2015), los cuales argumentaron que el carbono almacenado en bosques que han alcanzado su estado de desarrollo maduro tienen mayor capacidad de almacenar que los bosques conformado por plantas tiernas y jóvenes, concordando con lo expuesto por Flores (2018) en donde afirma que a mayor edad de las plantas, es mayor la cantidad de carbono que puede almacenar, esto va de acuerdo al estudio además de poseer relación directa a nivel de área, según el cual las plantas con inflorescencia son las que más abundan por cada estrato determinado. Sin embargo, Kaory (2015) obtuvo resultados similares a nivel de estados de desarrollo más no a nivel de área, obteniendo números de individuos más altos con estado de desarrollo sin inflorescencia.

Respecto a los diferentes componentes que almacenan mayores cantidades de carbono tenemos al almacenado por plantas vivas con un total de 114 tnC/ha, seguido de las raíces (biomasa subterránea) con un número de 18 tnC/ha. En tercer lugar se encuentra las plantas muertas con un resultado de 3 tnC/ha, y por último se encuentran con las cantidades más bajas a los componentes de hojarasca, herbáceas y arbustivas con resultados de 0.106, 0.072 y 0.069 tnC/ha, respectivamente (Tabla N°04); en relación a la biomasa subterránea(raíces) la planta de la *puya raimondii harms* pese a su gran tamaño y volumen posee una raíz fasciculada y superficial no llegando a superar el medio metro de longitud, reflejando como producto las cantidades bajas de carbono almacenado, concordado con lo argumentado por Martínez (2016) que explica que la biomasa subterránea tiende a variar entre el 10% y 20% del peso total del árbol. De la misma forma, para el caso de los arbustos y herbáceas, las especies estudiadas fueron la *genus baccharis* y la *stipa ichu*, respectivamente; los cuales al poseer cuerpos vegetativos

frágiles y pequeños no representan un caso de interés en relación a la magnitud de la especie estudiada.

#### **e-Flujo anual de carbono**

En relación al flujo anual de carbono almacenado por unidad de área se estimó que el valor más elevado es del estrato de densidad muy alta con un resultado de 24. tCO<sub>2</sub>/ha, seguido por densidad alta con 19. tCO<sub>2</sub>/ha. Los estratos de densidad media y baja obtuvieron resultados casi similares de 5. y 6. tCO<sub>2</sub>/ha, respectivamente. El valor más bajo fue obtenido por el estrato de densidad forestal muy baja con 2.04 tCO<sub>2</sub>/ha. (Tabla N°07); esto se debe en función del incremento de la biomasa esta relacionado con la edad de la planta, tendiendo a ser constante hasta alcanzar la madurez.

## V. CONCLUSIONES

1. El total de carbono almacenado por unidad de área y estados de desarrollo en los rodales de *Puya Raimondii Harms* del Santuario Nacional de Calipuy es de 135 tnC/ha con un flujo anual promedio de 11 tCO<sub>2</sub>/ha/año, que hacen un total de 162 991TCO<sub>2</sub> desde el 22 de noviembre del 2018 hasta el 22 de Junio del 2019.
2. Las hectáreas de los rodales de *PUYA RAIMOINDII HARMS* por estratos forestales y estados de desarrollo son de 36, 194, 360, 703 y 3205. ha en función a las densidades muy alta, alta, media, baja y muy baja; respectivamente.
3. Las cantidades de almacenamiento de carbono según estratos forestales de densidad muy alta, alta, media, baja y muy baja son de 54, 38, 16, 22 y 4. tnC/ha, que hacen un total de 1954, 7591, 15486 y 13394 tnC; respectivamente.
4. El flujo anual de carbono para cada estrato de densidad forestal fluctúa entre 2.04 a 24.31 tCO<sub>2</sub>/ha/año y para los estados de desarrollo de la *PUYA RAIMONDII HARMS* entre 2.283 a 68.437 tCO<sub>2</sub>/ha/año.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar estudios de estimación de almacenamiento de carbono con condiciones de climáticas y topográficas similares a los rodales de *puya raimondii harms* del Santuario Nacional de Calipuy similares existentes en otros departamentos del país, a fin de conseguir determinar los grados de influencia de los factores edafoclimáticos mencionados.
- Se sugiere continuar con la investigación del flujo anual de carbono del Santuario Nacional de Calipuy, con objeto de establecer estudios de huella de carbono y el nivel de alteración del bosque producto de la quema, tala y deforestación de los pobladores conforme pasen los años.
- Se recomienda realizar la valoración actual de los bonos de carbono generados en el Santuario Nacional de Calipuy, del mismo modo, valorar los bosques restantes de *puya raimondii harms* existentes al interior del país para determinar el potencial a futuro de captura de carbono en relación al incremento medio anual de la especie.
- Ingresar al mercado de carbono internacional con los bonos generados en el interior del Santuario Nacional de Calipuy.

## VII. REFERENCIAS

**ALEGRE, Juan y OTROS.** Reservas de Carbono en Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en la Amazonía Peruana-CODESU. [En línea]. México. Revista ResearchGate. 2017. [Fecha de consulta: 17 de Mayo de 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/237594176\\_Reservas\\_de\\_Carbono\\_en\\_Diferentes\\_Sistemas\\_de\\_Uso\\_de\\_la\\_Tierra\\_en\\_la\\_Amazonía\\_Peruana-codesu](https://www.researchgate.net/publication/237594176_Reservas_de_Carbono_en_Diferentes_Sistemas_de_Uso_de_la_Tierra_en_la_Amazonía_Peruana-codesu)

**APOLINARIO Jakelin [et al].** Capacidad de almacenamiento de carbono en un bosque joven y maduro de *Puya Raimondii Harms*, Vilcashuaman – Ayacucho. Tesis (para obtener título de Ingeniero Forestal y Ambiental). [En línea]. Ayacucho. Universidad Nacional del centro del Perú, 2015. [Fecha de consulta: 24 de octubre de 2018]. Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3493/Apolinario%20Diego%20-%20Carmen%20Cardenas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**BANEU, Brattiea.** Quantification of carbon in pine stands. [En línea]. USA. Revista Environmental Sciencia & Technology. 2017. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.5b02750>

**CAETANO, Yonwill y PENNINGTON, Sharlotte.** The history of seasonally dry tropical forests in Eastern South America: inferences from the genetic structure of the tree *Astronium urundeuva* (Anacardiaceae). [En línea]. USA. Revista Cheif Scient´s Office. 2015. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-294X.2008.03817.x>

**CANO, Aurelio y RAMIRÉZ, María.** Aspectos Cuantitativos sobre la Biología de la *Puya Raimondii Harms* (Bromeliaceae). [En línea]. Colombia. VII Congreso Nacional de Botánica. 2015. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/281641780\\_viii\\_congreso\\_colombiano\\_de\\_botanica\\_Biodiversidad\\_y\\_Pais](https://www.researchgate.net/publication/281641780_viii_congreso_colombiano_de_botanica_Biodiversidad_y_Pais)

**CARABIAS, Julia.** Programa de Manejo Reserva de la Biósfera El Vizcaíno. [En línea]. México. Revista de Ecología de la Universidad Autónoma de Nayarit. 2016. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGRIUAN.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=CARABIAS>

**CORREA, Manuel y ROMERO, Mauricio.** Cuantificación de biomasa área total, carbono almacenado y CO2 fijado en árboles de Teca, caso de estudio. [En línea]. España.

Revista Economía Agraria y Recursos Naturales. 2016. [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2018]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/318351429\\_cuantificacion\\_de\\_biomasa\\_aerea\\_total\\_carbono\\_almacenado\\_y\\_co2\\_fijado\\_en\\_arboles\\_de\\_teca\\_caso\\_de\\_estudio#pf5](https://www.researchgate.net/publication/318351429_cuantificacion_de_biomasa_aerea_total_carbono_almacenado_y_co2_fijado_en_arboles_de_teca_caso_de_estudio#pf5)

**DOUTERLUNGNE, David [et al].** Ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono de cuatro especies leñosas neotropicales con potencial para la restauración. [En línea]. México. Revista Agrociencia. 2013. [Fecha de consulta realizado el 11 de octubre de 2018] Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid7](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid7)

**ESPÍNDOLA, César [et al].** Huella de Carbono. Parte 1: Concepto, métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. [En línea]. Chile. Revista Scielo.2012. [Fecha de consulta: 17 de Mayo de 2019]. Disponible en:

[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642012000100017](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000100017)

**ETCHEVERS, Alejandro [et al].** Allometric Equations For Estimating The Above-Ground Biomass And Carbon In *Quercus Magnoliaefolia* Née. [En línea]. USA. Revista Forest and Environment Sciences. 2011. [Fecha de consulta realizado el 11 de octubre de 2018] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v17n2/v17n2a9.pdf>

**FAO.** Insignia del cambio climático. Estados Unidos. Organización de las naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2 °ed, 2012. 71-76p.

**FIELD, Christopher [et al].** Cambio Climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. [en línea] Suiza. 2014. [Fecha de consulta: 06 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://copa.acguanacaste.ac.cr:8080/handle/11606/474>

**FLORES, Favian [et al].** Desarrollo de Ecuaciones Alométricas de biomasa para la regeneración de cuatro especies en Durango. [En línea]. México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, Agrícola y Pecuarias. 2018. [Fecha de consulta: 17 de abril de 2019]. Disponible en:<https://www./Desarrollo-de-ecuaciones-alom%C3%A9tricas-de-biomasa/>

**GARCÍA, Roosevelt.** Diversidad, Composición y estructura de un hábitat altamente amenazado: Los Bosques estacionalmente secos de Tarapoto. [En línea]. Perú. Revista Peruana de Biología. 2011. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-)

**GUZMÁN, Humberto.** Estimación de carbono aéreo en plantaciones de teca (*tecnica grandis* L.f.) de catorce y quince años de edad: Chahal, alta Verapaz. Tesis (para obtener licenciatura en Ingeniería Forestal). Guatemala. Universidad Rafael Landívar, 2017. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2017/06/22/Lopez-Huberth.pdf>

**JANZEN, Alyn.** Tropical dry forests: the most endangered major tropical ecosystem. In: Biodiversity, E. O. Wilson (ed.). [En línea]. Washington, USA. Revista National Academy Press. 2014. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/nbk219281/>

**LAGOS, Olivera.** Impacto del Aprovechamiento Forestal en la Biomasa y Carbono de Bosques Naturales de Nueva Quezada, Río San Juan. Nicaragua. Tesis. Universidad Centroamericana. 2013. 138 p.

**LEA, Scherl [et al].** Can Protected Areas Contribute To Poverty Reduction? Opportunities and Limitations. [En línea]. USA. Revista Chief Scientist's Office. 2014. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <http://lib.riskreductionafrica.org/bitstream/handle/123456789/281/5672%20%20Can%20Protected%20Areas%20Contribute%20to%20Poverty%20Reduction.%20Opportunities>

**LEÓN, Fernando.** El Aporte de las Áreas Naturales Protegidas a la Economía Nacional. [en línea]. Perú. 2014. [Fecha de consulta: 16 de setiembre de 2018]. Disponible en: [https://www.portalces.org/sites/default/files/aporte\\_de\\_las\\_anpvf.pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/aporte_de_las_anpvf.pdf)

**MAPENDEMBE, Anthony.** Conservation & poverty: A review of existing commitments. [En línea]. Canadá. Revista Conservation Learning Group. 2013. [Fecha de consulta: 19 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-55-en.pdf>

**MARTEL, Carlos[et al].** Cuantificación del Carbono Almacenado en Formaciones Vegetales Amazónicas en Cicra, Madre de Dios. [En línea]. Perú. Revista Scielo. 2016. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162012000200003](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162012000200003)

**MARTÍNEZ, Daniel [et al].** Ecuaciones para estimar biomasa área y Subterránea en áreas Reforestadas de *Pinus Cooperi* Blanco en Durango. [En línea]. México. Revista

Foresta Veracruzana. 2016. [Fecha de consulta realizado el 11 de octubre de 2018] Disponible en: <https://www.redalyc.org/html/497/49746888003/>

**MATIEU, Laurent [et al]**. Manual of construction of allometric equations to estimate the volume and biomass of trees. [En línea]. USA. Institut National de la Recherche Agronomique. 2012. [Fecha de consulta realizado el 01 de octubre de 2018] Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3058s/i3058s.pdf>

**MINAM**. Ley de Retribución por Mecanismos Ecosistémicos Ley N°30215. [en línea] Perú. 2014. [Fecha de consulta: 18 de setiembre de 2018]. Disponible en: [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/06/ley\\_302105\\_MRSE.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/06/ley_302105_MRSE.pdf)

**NADOLNY, Larysa**. Journal of Biological Education: Carbon Storage. [En línea]. USA. Revista Education Resources Information Center. 2016. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://eric.ed.gov/?q=+climate+change&id=EJ1163217>

**NATIONAL GEOGRAPHIC**. Los efectos del Cambio Climático serán Peores de los previsto, según el informe del IPCC. [en línea] USA. 2018. [Fecha de consulta: 18 de setiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2018/10/informe-ipcc-efectos-cambio-climatico-mas-graves>

**PAZ , María**. De Áreas Naturales Protegidas y Participación: convergencias y divergencias en la construcción del Interés público. [En línea]. México. Revista Nueva Antropología. 2014. [Fecha de consulta: 19 de Mayo de 2019]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-06362008000100](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-06362008000100)

**PHILLIPS, Jilman**. Annotated Checklist of the woody plants in Peruvian seasonally dry forests. [En línea]. USA. Revista National Academy Press. 2017. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: [rbg-web2.rbge.org.uk/dryforest/database.htm](http://rbg-web2.rbge.org.uk/dryforest/database.htm)

**RIEMAN, Hugo [et al]**.. Service-Learning and Natural Resource Leadership. [En línea]. USA. Revista Education Resources Information Center. 2017. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://eric.ed.gov/?q=Protected+natural+areas&id=EJ775560>

**RIVERA, Carlos**. *Puya Raimondii Harms*, La flora neotrópica. [En línea]. España. Revista Latindex. 2015. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=19405>

**ROBERT, Youmaickl.** Viability of Sedd. Australia. [En línea]. Australia. Revista Australian Plant Census. 2016. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.chah.gov.au/apc/about-APC.html>

**RODRIGUEZ, Mainor [et al].** Ecuaciones alométricas para la estimación de la Biomasa arbórea a partir de los residuos de plantaciones de *Gmelina arborea Roxb.* Y *Tectona grands L.f.* en Guanacaste. [En línea]. Costa Rica. Revista Forestal Mesoamericana Kurú.2017. [Fecha de consulta: 17 de abril de 2019]. Disponible en:<file:///C:/Users/User/Downloads/DialnetEcuacionesAlometricasParaLaEstimacionDeLaBiomasaAr-6584169.pdf>

**RODRIGUEZ, Rodrigo [et al].** Estimación del Carbono Almacenado en un Bosque de Niebla en Tamaulipas. [En línea]. México. Revista ResearchGate. 2016.[Fecha de consulta: 17 de Mayo de 2019]. Disponible en:[https://www.researchgate.net/publication/242627280\\_Estimacion\\_del\\_carbono\\_almacenado\\_en\\_un\\_bosque\\_de\\_niebla\\_en\\_Tamaulipas\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/242627280_Estimacion_del_carbono_almacenado_en_un_bosque_de_niebla_en_Tamaulipas_Mexico)

**SALAZAR CASTILLO, David.** Diagnóstico del estado actual de *Puya Raimondii* en Arequipa-Perú. [En línea] Perú. Revista Biológica del Perú. 2010. [Fecha de consulta realizado el 05 de octubre de 2018] Disponible en: [https://iris.unipa.it/retrieve/handle/10447/52556/39145/83-92%20Puya Layout%201.pdf](https://iris.unipa.it/retrieve/handle/10447/52556/39145/83-92%20Puya%20Layout%201.pdf)

**SCHEDLBAUER, Jessica[et al].** Practising Conservation Biolog in a Vitual Rainforest World. [En línea]. USA. Revista Education Resources Information Center. 2016. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://eric.ed.gov/?q=carbon+storage&id=EJ1107059>

**SCHERL, Lilibeth [et al].** Can Protected Areas Contribute To Poverty Reduction. [En línea]. USA. Revista Cheif Scient´s Office. 2016. [Fecha de consulta: 19 de Mayo de 2019]. Disponible en: <http://lib.riskreductionafrica.org/bitstream/handle/123456789/281/5672%20Can%20Protected%20Areas%20Contribute%20to%20Poverty%20Reduction.%20Opportunities%20and%20Limitations.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**SCHLESINGER, Willam [et al].** Soil respiration and the global carbon cycle. Biogeochemistry. [En línea]. USA. Revista Soo Science Society of America. 2014.[Fecha

de consulta: 17 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1006247623877>

**SERNANP.** COP21: Las Áreas Protegidas prosperan en la Conferencia de Cambio Climático en París. [en línea]. Perú. 2011. [Fecha de consulta: 02 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.sernanp.gob.pe/noticias-leer-mas/-/publicaciones/c/cop21-las-areas-protegidas-prosperan-en-la-conferencia-de-143374>

**SERNANP.** Santuario Nacional de Calipuy. [en línea]. [En línea]. Perú. 2012. [Fecha de consulta: 02 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.sernanp.gob.pe/de-calipuy>

**SOSA, Jorge.** Valoración Económica del secuestro de CO<sub>2</sub> en tres tipos de Bosques en el Distrito del Alto Nanay, Loreto-Perú. Tesis (para obtener título de Ingeniero Forestal). [En línea]. Loreto. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, 2016. Disponible en: [http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4283/Jorge\\_Tesis\\_Titulo\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4283/Jorge_Tesis_Titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**VADILLO, Giovana [et al].** Viabilidad y Germinación de Semillas de Puya Raimondii Harms (Bromeliaceae). [En línea]. Perú. Revista Peruana de Biología. 2014. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-)

**VENERO CASTILLO, José.** Las Titánicas de Aymaraes (Apurimác). [En línea]. Perú. Revista Latindex. 2013. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=24476>

**WIEDMANN, TOMAS [et al].** A Definition of Carbon Footprint In: C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends. [En línea]. USA. 2009. [Fecha de consulta: 17 de Mayo de 2019]. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.467.6821&rep=rep1&type=pdf>

**WILKIE, David[et al].** Parks and People: Assessing the Human Welfare Effects of Establishing Protected Areas for Biodiversity Conservation. [En línea]. USA. Revista Chief Scientist's Office. 2013. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1523-1739.2005.00291.x>

## **VIII. ANEXOS**

Anexo 01: Panel fotográfico.

Anexo 02: Base de datos del muestreo piloto.

Anexo 03: Ficha de registro-fase trabajo en campo.

Anexo 04: Base de datos-fase trabajo en campo.

Anexo 05: Mapas.

Anexo 06: Autorizaciones para realización de la fase en campo en el Santuario Nacional de Calipuy.

Anexo 07: Certificado de calibración de la balanza analítica LCM-A-280-2018.

## ANEXO 01: Panel fotográfico



Figura N°15: Entrada al Santuario Nacional de Calipuy



Figura N°16: Toma de coordenadas de los individuos de *Puya Raimondii* Harms



*Figura N°17: Diseño de las parcelas de *Puya Raimondii* Harms*



*Figura N°18: Toma de medidas del diámetro a la altura del pecho*



*Figura N°19: Diseño de miniparcela para biomasa arbórea/herbácea*



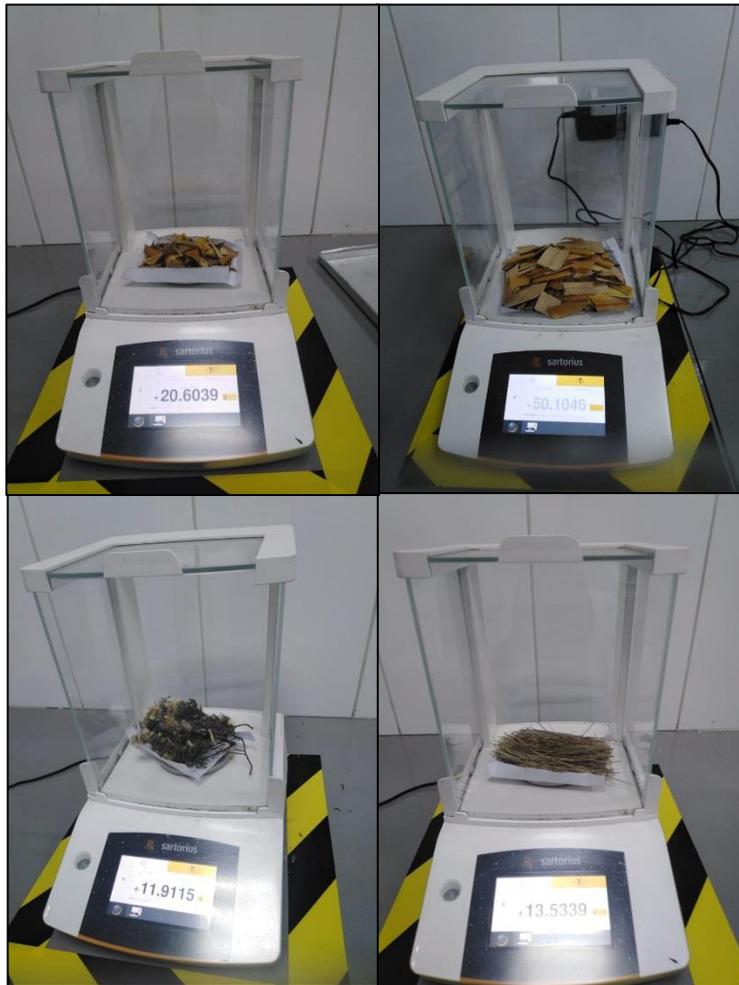
*Figura N°20: Medición de *Puyas Raimondii* Harms muertas*



*Figura N°21: Pesado in situ del peso húmedo total las muestras de Puya Raimondii Harms*



*Figura N°22: Muestras de los compartimentos en laboratorio*



*Figura N°23: Pesado de muestras en la balanza analítica*



*Figura N°24: Secado de muestras en la estufa Dathan Scientific*



*Figura N°25: Muestras secas de Puya Raimondi Harms y hojarasca*



*Figura N°26: Muestras secas del Stipa Ichu y Genus Baccharis*

**ANEXO N°02: Base de datos del muestreo piloto**

**- Tabla N°010: Coordenadas de parcelas-Muestreo piloto**

Estrato	N° Parcela	Vértice	Coordenadas	
			X	Y
Muy baja (0-4%)	1	V1	801394	9075740
		V2	801394	9075765
		V3	801419	9075765
		V4	801419	9075740
	2	V1	800337	9073157
		V2	800337	9073182
		V3	800362	9073182
		V4	800362	9073157
	3	V1	798143	9076326
		V2	798143	9076351
		V3	798168	9076351
		V4	798168	9076326
	4	V1	795295	9075119
		V2	795295	9075144
		V3	795320	9075144
		V4	795320	9075119
Baja (5-15%)	5	V1	801119	9076254
		V2	801119	9076279
		V3	801144	9076279
		V4	801144	9076254
	6	V1	797512	9076943
		V2	797512	9076968
		V3	797537	9076968
		V4	797537	9076943
	7	V1	799063	9077774
		V2	799063	9077799
		V3	799088	9077799
		V4	799088	9077774
	8	V1	799999	9079035
		V2	799999	9079060
		V3	800024	9079060
		V4	800024	9079035
Media (16-30%)	9	V1	799257	9075963
		V2	799257	9075988
		V3	799282	9075988
		V4	799282	9075963
	10	V1	796278	9076953
		V2	796278	9076978
		V3	796303	9076978
		V4	796303	9076953

	<b>11</b>	<b>V1</b>	797379	9077954
		<b>V2</b>	797379	9077979
		<b>V3</b>	797404	9077979
		<b>V4</b>	797404	9077954
	<b>12</b>	<b>V1</b>	799448	9078411
		<b>V2</b>	799448	9078436
		<b>V3</b>	799473	9078436
		<b>V4</b>	799473	9078411
<b>Alta (31-55%)</b>	<b>13</b>	<b>V1</b>	796469	9077050
		<b>V2</b>	796469	9077075
		<b>V3</b>	796494	9077075
		<b>V4</b>	796494	9077050
	<b>14</b>	<b>V1</b>	799772	9077817
		<b>V2</b>	799772	9077842
		<b>V3</b>	799797	9077842
		<b>V4</b>	799797	9077817
	<b>15</b>	<b>V1</b>	796522	9077878
		<b>V2</b>	796522	9077903
		<b>V3</b>	796547	9077903
		<b>V4</b>	796547	9077878
	<b>16</b>	<b>V1</b>	798518	9078540
		<b>V2</b>	798518	9078565
		<b>V3</b>	798543	9078565
		<b>V4</b>	798543	9078540
<b>Muy alta (56-100%)</b>	<b>17</b>	<b>V1</b>	797471	9077364
		<b>V2</b>	797471	9077389
		<b>V3</b>	797496	9077389
		<b>V4</b>	797496	9077364
	<b>18</b>	<b>V1</b>	795584	9077662
		<b>V2</b>	795584	9077687
		<b>V3</b>	795609	9077687
		<b>V4</b>	795609	9077662
	<b>19</b>	<b>V1</b>	795987	9077839
		<b>V2</b>	795987	9077864
		<b>V3</b>	796012	9077864
		<b>V4</b>	796012	9077839
	<b>20</b>	<b>V1</b>	795442	9077868
		<b>V2</b>	795442	9077893
		<b>V3</b>	795467	9077893
		<b>V4</b>	795467	9077868

Fuente: Elaboración propia.

- **Tabla N°11: Cuadro Resumen del Muestreo Piloto**

<b>ESTRATOS</b>	<b>PARCELAS</b>	<b>CARBONO DE BIOMASA ÁREA ALMACENADO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>VARIANZA</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>
<b>ESTRATO DE DENSIDAD MUY BAJA</b>	PARCELA 1	0.322518711	0.259875641	0.031223466	0.176701631
	PARCELA 2	0.321339859			
	PARCELA 3	0.395643994			
	PARCELA 4	0			
<b>ESTRATO DE DENSIDAD BAJA</b>	PARCELA 5	0.64268	0.615970644	0.028053158	0.167490771
	PARCELA 6	0.777868821			
	PARCELA 7	0.38122			
	PARCELA 8	0.662114284			
<b>ESTRATO DE DENSIDAD MEDIA</b>	PARCELA 9	0.678177054	0.516792397	0.022052989	0.148502488
	PARCELA 10	0.350214947			
	PARCELA 11	0.440799897			
	PARCELA 12	0.597977692			
<b>ESTRATO DE DENSIDAD ALTA</b>	PARCELA 13	0.212155998	0.392995841	0.025194043	0.158726315
	PARCELA 14	0.427561573			
	PARCELA 15	0.341661547			
	PARCELA 16	0.590604245			

**Fuente: Elaboración propia.**

**ANEXO 03:** Ficha de registro-fase trabajo en campo.

- **Tabla N°12: Inventario de plantas extraídas**

Estrato/ parcela	N° de planta	Estado de desarrollo	Diam (1 m)	Diám basal (m)	Diám copa(m)	Altura (m)	Biomasa seca total (Puya)	Carbono potencial (T)
E1P1								
E1P2								
E1P3								
.								
.								
.								
E5P49								

**Fuente:** Elaboración propia.

- **Tabla N°13: Data de biomasa total de plantas inventariadas**

Parcela	N° Planta	Estado de desarrollo	Edad	DAP (m)	Diam basal (m)	Altura total (m)	Diam copa(m)	B. área seca/planta (T)	B. subterránea seca/planta (T)	Carbono (T)
E1P1	1									
E1P1	2									
E1P1	3									
.	.									
.	.									
.	.									
E1P49	n									

**Fuente:** Elaboración propia.

- **Tabla N°14: Data de biomasa total seca aérea, biomasa y carbono en raíces por parcela.**

Estrato/ parcela	Biomasa Total por parcela	Biomasa seca total (Puya) (T)	B.seca total	Carbono por Parcela	Carbono potencial (T)	Carbono total	Biomasa de raíces por parcela	Carbono en Raíces por parcela
E1P1								
E1P2								
E1P3								
.								
.								
.								
E1P7								

**Fuente: Elaboración propia.**

- **Tabla N°15: Carbono almacenado en la hojarasca, arbustos y herbáceas**

Estrato/ parcela	Peso en Campo (kg)	Peso de muestra húmeda (g)	Peso de muestra seca (g)	Humedad de la submuestra	Peso seco total de biomasa	Contenido de Carbono
E1P1						
E1P2						
E1P3						
.						
.						
.						
E1P7						

**Fuente: Elaboración propia.**

- **Tabla N°16: Data de biomasa total de plantas muertas inventariadas**

Estrato/ densidad	Parcela	N° Planta	DAP (m)	Diam basal (m)	Altura total (m)	Biomasa seca planta (m)
E1						
E2						
E3						
.						
.						
.						
E5						

Fuente: Elaboración propia.

- **Tabla N°17: Resumen del carbono y biomasa por estrato/componente**

Estrato	Parcela	Componente											
		Plantas vivas		Plantas muertas		Vegetación arbustiva		Vegetación herbácea		Hojarasca		Raíces	
		T/ha	TC/ha	T/ha	TC/ha	T/ha	TC/ha	T/ha	TC/ha	T/ha	TC/ha	T/ha	TC/ha
E1													
E2													
E3													
.													
.													
.													
E5													

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 04:** Base de datos-fase trabajo en campo.

**Tabla N°18: Coordenadas de los puntos a muestrear-fase de campo**

ESTRATOS	PUNTO	COORDENADAS	
		X	Y
MUY BAJA	1	800250	9074113.008
	2	800171	9076678.008
	3	799358	9074737.008
	4	798215.836	9074106.759
	5	799205.13	9079753.983
	6	797625	9076185.008
	7	796377.799	9075598.435
	8	795239.385	9076234.306
BAJA	1	799615	9080257.008
	2	800235.646	9078970.792
	3	798596	9079316.008
	4	800601	9077289.008
	5	800324.415	9076661.143
	6	799118.678	9078291.435
	7	797131.759	9076593.214
	8	795875.075	9077391.378
	9	799186.607	9076695.107
	10	800927	9075804.008
MEDIA	1	799741	9080123.008
	2	800083	9079366.008
	3	799909	9078067.008
	4	798565	9078997.008
	5	796350.212	9077580.411
	6	799360	9076045.008
	7	800654	9076697.008
	8	800495	9074962.008
ALTA	1	795365.148	9077799.242
	2	796148.369	9077886.145
	3	796479.823	9077998.249
	4	796529	9076897.008
	5	797359.514	9077684.2
	6	798083.521	9077705.078
	7	798453.024	9078543.685
	8	799542	9078940.008
	9	799877	9078241.008
	10	799837	9077774.008
	11	800449	9077650.008
MUY ALTA	1	797432.156	9077560.111
	2	797563.922	9077485.432
	3	797355.49	9077363.264

<b>MUY ALTA</b>	4	797502.426	9077356.726
	5	795739.01	9078204.354
	6	795909.811	9078197.66
	7	796042.743	9078023.36
	8	795739.223	9077966.4
	9	795520.539	9077956.818
	10	795438.497	9077778.458
	11	795646.339	9077715.181
	12	795870.276	9077786.58

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla N°19: Inventario de Puyas Extraías**

<b>Estrato/ parcela</b>	<b>N° de planta</b>	<b>Estado de desarrollo</b>	<b>Diam (1 m)</b>	<b>Diám basal (m)</b>	<b>Diám copa(m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Biomasa seca total (Puya) (T)</b>	<b>Carbono potencial (T)</b>
E1P1	4	ASI	0.75	0.62	1.34	9.75	0.8561	0.428
E1P2	19	AL	0.73	0.56	1.34	6.76	0.4786	0.2393
E1P3	33	T	0.81	0.53	1.31	5.8	0.4512	0.2256
E1P4	45	ASI	0.83	0.61	1.3	3.11	0.3505	0.1753
E1P5	54	T	0.86	0.54	1.31	1.82	0.18	0.09
E1P6	72	ASI	0.77	0.63	1.34	9.44	0.8994	0.4497
E1P7	88	ASI	0.8	0.5	1.32	2.75	0.2337	0.1169
E1P8	96	ASI	0.8	0.64	1.33	7.48	0.8194	0.4097
E1P9	108	AL	0.87	0.64	1.32	4.4	0.5925	0.2962
E1P10	117	T	0.81	0.58	1.34	4.34	0.4472	0.2236
E1P11	126	AL	0.86	0.58	1.31	8.43	0.8765	0.4382
E1P12	141	AL	0.76	0.62	1.32	3.96	0.3676	0.1838
E2P13	154	AL	0.74	0.59	1.32	9.54	0.7599	0.3799
E2P14	164	AL	0.83	0.56	1.31	4.33	0.4173	0.2086
E2P15	173	J	0.83	0.57	1.34	2.54	0.2506	0.1253
E2P16	185	J	0.78	0.55	1.31	1.75	0.1872	0.0936
E2P17	190	AL	0.77	0.6	1.32	3.47	0.3223	0.1611

E2P18	202	AL	0.85	0.64	1.34	7.67	0.9565	0.4783
E2P19	208	J	0.8	0.56	1.31	3.69	0.3236	0.1618
E2P20	217	ASI	0.82	0.51	1.32	7.15	0.5493	0.2747
E2P21	224	J	0.77	0.63	1.32	8.6	0.8292	0.4146
E2P22	231	T	0.76	0.58	1.33	6.36	0.5204	0.2602
E2P23	239	AL	0.72	0.53	1.34	4.23	0.2705	0.1353
E3P24	245	J	0.78	0.51	1.34	2.73	0.2298	0.1149
E3P25	252	T	0.85	0.62	1.3	6.19	0.6979	0.349
E3P26	255	J	0.86	0.56	1.3	3.6	0.3512	0.1756
E3P27	262	AL	0.77	0.6	1.3	2.81	0.2568	0.1284
E3P28	269	J	0.82	0.6	1.33	8.07	0.8294	0.4147
E3P29	273	J	0.82	0.53	1.31	4.71	0.3988	0.1994
E3P30	279	J	0.74	0.51	1.34	1.86	0.1457	0.0728
E3P31	287	AL	0.85	0.52	1.33	8.49	0.7022	0.3511
E4P32	293	AL	0.78	0.51	1.33	8.42	0.5665	0.2833
E4P33	299	ASI	0.81	0.55	1.34	6.44	0.5246	0.2623
E4P34	301	AL	0.84	0.6	1.3	6.6	0.6895	0.3447
E4P35	306	J	0.85	0.52	1.32	2.6	0.2597	0.1299
E4P36	309	ASI	0.77	0.61	1.31	3.6	0.3507	0.1753
E4P37	311	T	0.81	0.58	1.32	3.58	0.3386	0.1693

E4P38	316	ASI	0.78	0.54	1.32	6.47	0.4831	0.2415
E4P39	319	T	0.74	0.55	1.33	7.06	0.4947	0.2473
E4P40	325	ASI	0.79	0.62	1.31	8.32	0.8213	0.4106
E4P41	330	T	0.74	0.54	1.3	5.44	0.3755	0.1877
E5P42	331	T	0.73	0.64	1.34	2.18	0.2314	0.1157
E5P43	333	AL	0.84	0.64	1.33	6.34	0.7552	0.3776
E5P44	334	T	0.78	0.57	1.31	4.7	0.3935	0.1967
E5P45	336	ASI	0.84	0.59	1.32	4.68	0.4976	0.2488
E5P46	339	T	0.83	0.62	1.31	4.06	0.4651	0.2325
E5P47	340	ASI	0.79	0.53	1.3	4.03	0.312	0.156
E5P48	345	AL	0.82	0.63	1.32	1.76	0.225	0.1125
E5P49	347	T	0.72	0.56	1.32	5.13	0.3781	0.1891

Estrato densidad muy alta (E1), densidad alta (E2), densidad media (E3), densidad baja (E4) y densidad muy baja (E5)

(E1P1): Estrato muy alta, parcela N°01.

Tiernos (T), Jóvenes (J), Adultos sin inflorescencia (ASI) y Adultos con inflorescencia (AI)

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla N°20: Data de biomasa total de plantas inventariadas**

<b>Parcela</b>	<b>N° Planta</b>	<b>Estado de desarrollo</b>	<b>Edad</b>	<b>DAP (m)</b>	<b>Diam basal (m)</b>	<b>Altura total (m)</b>	<b>Diam copa(m)</b>	<b>B. área seca/planta (T)</b>
E1P1	1	PCI	38	0.78	0.42	5.87	1.34	0.1583
E1P1	2	J	13	0.77	0.32	5.21	1.33	0.0795
E1P1	3	PCI	93	0.76	0.62	5.86	1.31	0.327
E1P1	5	J	20	0.83	0.68	7.69	1.31	0.6157
E1P1	6	J	6	0.8	0.6	5.86	1.34	0.3393
E1P1	7	J	4	0.82	0.5	3.52	1.32	0.1487
E1P1	8	PSI	23	0.75	0.33	8.34	1.32	0.1284
E1P1	9	PSI	35	0.83	0.21	6.14	1.32	0.0469
E1P1	10	PSI	42	0.74	0.49	3.56	1.33	0.1176
E1P2	11	T	3	0.8	0.59	2.33	1.31	0.1305
E1P2	12	PCI	51	0.73	0.45	5.31	1.33	0.144
E1P2	13	T	4	0.82	0.38	3.33	1.31	0.0813
E1P2	14	J	11	0.79	0.58	5.78	1.35	0.305
E1P2	15	J	8	0.76	0.53	2.66	1.33	0.1085
E1P2	17	T	3	0.79	0.35	5.54	1.34	0.1064
E1P2	18	J	13	0.73	0.5	6.09	1.31	0.2039
E1P2	20	PSI	31	0.72	0.55	8.06	1.34	0.3177

E1P2	21	J	5	0.74	0.67	5	1.33	0.3089
E1P2	22	PSI	28	0.81	0.4	1.91	1.34	0.0504
E1P2	23	J	14	0.79	0.68	8.69	1.32	0.6303
E1P2	24	J	6	0.77	0.45	8.98	1.3	0.271
E1P2	25	PCI	41	0.78	0.58	8.99	1.31	0.4624
E1P2	26	J	6	0.84	0.43	4.92	1.3	0.1613
E1P2	27	PCI	46	0.73	0.25	8.9	1.31	0.0745
E1P3	28	PCI	57	0.82	0.54	5.81	1.34	0.2863
E1P3	29	T	3	0.72	0.51	5.77	1.32	0.1955
E1P3	30	T	2	0.77	0.27	4.36	1.34	0.0474
E1P3	31	J	19	0.82	0.49	8.2	1.31	0.3327
E1P3	32	PSI	39	0.78	0.39	6.41	1.34	0.1491
E1P3	34	T	4	0.81	0.53	7.09	1.31	0.3284
E1P3	35	J	6	0.8	0.62	8.65	1.3	0.5348
E1P3	36	PCI	41	0.73	0.5	1.97	1.34	0.066
E1P3	37	PSI	22	0.78	0.5	4.08	1.35	0.156
E1P3	38	PCI	41	0.82	0.23	3.88	1.31	0.0347
E1P4	39	PCI	94	0.73	0.58	8.67	1.35	0.3906
E1P4	40	T	2	0.83	0.36	7.43	1.33	0.1667
E1P4	41	T	1	0.77	0.4	1.18	1.33	0.0281

E1P4	42	J	9	0.77	0.56	3.84	1.32	0.1794
E1P4	43	J	12	0.76	0.4	6.14	1.35	0.1426
E1P4	44	T	1	0.79	0.67	2.29	1.32	0.1612
E1P4	46	PCI	66	0.81	0.36	8.52	1.33	0.1821
E1P4	47	PCI	53	0.83	0.47	9.6	1.34	0.3672
E1P4	48	PSI	36	0.82	0.28	2.23	1.31	0.0295
E1P4	49	PCI	62	0.84	0.26	2.28	1.3	0.0273
E1P4	50	J	17	0.73	0.51	9.74	1.31	0.3393
E1P4	51	PSI	48	0.83	0.65	4.63	1.32	0.3387
E1P5	52	PCI	80	0.82	0.4	5.04	1.33	0.1363
E1P5	53	PCI	98	0.76	0.37	6.55	1.33	0.1302
E1P5	55	PCI	59	0.73	0.26	5.91	1.33	0.0535
E1P5	56	J	9	0.72	0.45	4.66	1.33	0.1229
E1P5	57	PSI	23	0.83	0.49	7.01	1.3	0.2914
E1P5	58	PSI	28	0.82	0.62	4.1	1.33	0.2663
E1P5	59	PCI	96	0.76	0.24	3.15	1.32	0.0263
E1P5	60	T	4	0.75	0.56	7.51	1.3	0.3329
E1P5	61	J	12	0.73	0.52	7.5	1.32	0.2716
E1P5	62	T	3	0.77	0.48	8.99	1.31	0.3086
E1P5	63	J	18	0.8	0.61	5.25	1.32	0.3142

E1P5	64	T	3	0.83	0.49	7.79	1.33	0.3238
E1P6	65	PCI	58	0.78	0.38	8.6	1.33	0.1899
E1P6	66	PCI	94	0.82	0.36	1.87	1.33	0.041
E1P6	67	J	10	0.8	0.5	4.73	1.31	0.1902
E1P6	68	J	10	0.84	0.35	3.26	1.33	0.0708
E1P6	70	J	5	0.76	0.65	2.1	1.3	0.1288
E1P6	71	PSI	39	0.83	0.23	2.07	1.35	0.019
E1P6	73	J	4	0.8	0.32	7.13	1.35	0.1174
E1P7	74	J	10	0.77	0.43	6.53	1.31	0.1799
E1P7	75	PCI	63	0.78	0.48	1.24	1.34	0.0437
E1P7	76	PCI	76	0.78	0.57	5.57	1.35	0.2767
E1P7	77	J	13	0.74	0.62	8.78	1.31	0.4645
E1P7	78	J	19	0.79	0.32	2.96	1.31	0.0475
E1P7	79	PCI	83	0.8	0.41	8.37	1.34	0.2263
E1P7	80	T	1	0.75	0.61	5.32	1.34	0.2799
E1P7	81	PSI	22	0.84	0.27	3.19	1.3	0.0412
E1P7	82	PCI	41	0.82	0.63	7.17	1.32	0.4809
E1P7	83	T	1	0.78	0.51	5.19	1.34	0.2064
E1P7	84	PCI	58	0.73	0.45	6.25	1.34	0.1695
E1P7	85	PSI	50	0.72	0.64	5.94	1.34	0.317

E1P7	86	T	3	0.74	0.46	2.41	1.32	0.0702
E1P7	87	PCI	82	0.77	0.6	3.83	1.34	0.2055
E1P7	89	J	11	0.75	0.39	4.16	1.34	0.0895
E1P8	90	T	3	0.78	0.28	2.24	1.33	0.0269
E1P8	92	PSI	20	0.73	0.6	4.63	1.34	0.2232
E1P8	93	PCI	41	0.81	0.32	7.56	1.35	0.1277
E1P8	94	PCI	88	0.79	0.31	6.99	1.35	0.1054
E1P8	97	PCI	90	0.74	0.5	6.63	1.34	0.2281
E1P8	98	J	4	0.84	0.44	8.26	1.34	0.2836
E1P9	99	T	1	0.8	0.55	4.28	1.35	0.2083
E1P9	100	T	1	0.75	0.29	4.2	1.34	0.0499
E1P9	102	PSI	50	0.75	0.26	2.83	1.34	0.027
E1P9	103	PCI	37	0.78	0.6	3.24	1.33	0.1784
E1P9	105	J	5	0.77	0.54	8.51	1.34	0.3698
E1P9	106	J	17	0.82	0.44	4.21	1.33	0.1377
E1P9	107	PCI	26	0.81	0.48	2.31	1.34	0.0878
E1P9	109	T	1	0.83	0.24	3.71	1.31	0.037
E1P9	110	T	4	0.84	0.67	1.73	1.31	0.1377
E1P9	111	PCI	98	0.78	0.3	6.61	1.35	0.091
E1P9	112	PCI	44	0.76	0.3	8.46	1.35	0.1105

E1P10	113	J	20	0.82	0.46	7.61	1.35	0.2721
E1P10	114	PCI	45	0.75	0.27	3.11	1.31	0.0321
E1P10	115	J	15	0.76	0.23	6.1	1.31	0.0468
E1P10	116	PCI	27	0.75	0.64	8.95	1.3	0.5183
E1P10	118	J	8	0.78	0.27	4.43	1.31	0.0494
E1P10	119	PCI	81	0.8	0.45	8.71	1.3	0.2837
E1P11	120	PCI	54	0.82	0.27	2.13	1.32	0.0262
E1P11	121	PCI	40	0.74	0.65	6.81	1.34	0.396
E1P11	122	T	1	0.75	0.39	3.9	1.33	0.0839
E1P11	123	PSI	32	0.8	0.57	6.82	1.31	0.3564
E1P11	124	PCI	56	0.75	0.25	6.44	1.32	0.0569
E1P11	125	PSI	33	0.75	0.66	8.69	1.3	0.5351
E1P11	127	T	2	0.8	0.37	6.39	1.33	0.1407
E1P11	128	PSI	31	0.78	0.23	6.44	1.32	0.0521
E1P11	129	J	18	0.76	0.48	2.16	1.33	0.0722
E1P11	130	PCI	96	0.76	0.41	2.25	1.31	0.0549
E1P12	131	PCI	62	0.74	0.42	6.23	1.34	0.1512
E1P12	132	PSI	48	0.83	0.52	6.56	1.31	0.3071
E1P12	133	PCI	84	0.78	0.6	2.43	1.34	0.1338
E1P12	134	J	17	0.74	0.55	3.89	1.35	0.1619

E1P12	136	PSI	42	0.73	0.28	6.19	1.31	0.065
E1P12	137	PSI	33	0.78	0.34	6.37	1.31	0.1126
E1P12	138	PCI	89	0.73	0.59	5.51	1.31	0.2569
E1P12	139	PCI	75	0.73	0.65	4.84	1.33	0.2739
E1P12	140	J	6	0.72	0.44	6.4	1.35	0.1614
E1P12	142	T	2	0.76	0.41	4.8	1.31	0.1171
E2P13	143	PCI	37	0.81	0.48	5.11	1.31	0.1941
E2P13	144	J	7	0.79	0.24	1.25	1.33	0.0113
E2P13	145	PSI	26	0.78	0.37	7.73	1.31	0.1618
E2P13	146	J	14	0.77	0.57	9.18	1.35	0.4444
E2P13	147	PCI	74	0.76	0.33	9.66	1.34	0.1527
E2P13	148	PCI	33	0.74	0.23	3	1.32	0.0218
E2P13	149	T	3	0.73	0.61	3.94	1.31	0.1964
E2P13	150	T	1	0.75	0.4	8.77	1.3	0.1984
E2P13	151	T	2	0.73	0.28	9.57	1.35	0.1005
E2P13	152	PSI	26	0.79	0.32	3.79	1.31	0.0609
E2P13	153	PSI	41	0.8	0.64	1.91	1.3	0.1258
E2P13	155	T	3	0.78	0.36	7.33	1.32	0.1453
E2P14	156	PSI	49	0.78	0.5	8.43	1.34	0.3223
E2P14	157	T	4	0.83	0.66	4.06	1.33	0.3062

E2P14	158	PCI	63	0.76	0.63	3.74	1.32	0.2155
E2P14	159	PSI	25	0.75	0.58	7.69	1.35	0.3657
E2P14	160	PCI	72	0.84	0.42	6.52	1.3	0.204
E2P14	161	J	17	0.79	0.47	4.1	1.31	0.1421
E2P14	162	T	4	0.81	0.66	2.36	1.31	0.1695
E2P14	163	T	3	0.73	0.68	4.85	1.32	0.3004
E2P15	165	PCI	86	0.75	0.59	1.79	1.34	0.0881
E2P15	166	PCI	43	0.83	0.37	4.14	1.31	0.0981
E2P15	167	PSI	26	0.72	0.52	3.94	1.31	0.1388
E2P15	169	J	12	0.84	0.4	3.71	1.35	0.1053
E2P15	170	PSI	22	0.79	0.57	1.79	1.33	0.0912
E2P15	171	PSI	50	0.8	0.62	3.82	1.31	0.2362
E2P15	172	T	2	0.73	0.24	1.23	1.33	0.0095
E2P15	174	PCI	94	0.76	0.27	9.53	1.31	0.1009
E2P15	175	PCI	71	0.83	0.53	6.14	1.31	0.2986
E2P15	176	J	18	0.84	0.59	1.92	1.31	0.1185
E2P16	178	T	1	0.83	0.53	5.23	1.3	0.2544
E2P16	179	PCI	72	0.76	0.46	3.36	1.33	0.1032
E2P16	181	PSI	49	0.76	0.26	3.49	1.3	0.0342
E2P16	182	PCI	48	0.77	0.64	2.43	1.35	0.1483

E2P16	183	J	12	0.77	0.41	5.59	1.33	0.14
E2P16	184	J	6	0.8	0.33	2	1.33	0.035
E2P16	186	PCI	68	0.72	0.36	8.19	1.35	0.1383
E2P16	187	PSI	40	0.78	0.46	6.62	1.33	0.2142
E2P17	188	J	5	0.83	0.65	2.58	1.3	0.1887
E2P17	189	J	11	0.81	0.36	9.29	1.33	0.1985
E2P17	191	PSI	20	0.75	0.44	6.92	1.3	0.1894
E2P17	192	J	14	0.78	0.61	2.19	1.34	0.1246
E2P17	193	T	1	0.82	0.33	2.84	1.31	0.0523
E2P17	194	T	1	0.79	0.52	2.82	1.31	0.1196
E2P17	195	PCI	67	0.76	0.29	7.96	1.3	0.0972
E2P18	196	J	12	0.72	0.41	8.08	1.3	0.177
E2P18	197	PCI	52	0.73	0.64	7.69	1.35	0.4219
E2P18	198	PCI	49	0.76	0.34	5.59	1.35	0.0938
E2P18	199	T	3	0.79	0.46	9.53	1.33	0.3163
E2P18	200	PCI	74	0.79	0.66	7.45	1.31	0.509
E2P18	201	T	1	0.78	0.27	8.3	1.31	0.0925
E2P18	204	PCI	73	0.84	0.32	1.99	1.34	0.0361
E2P19	205	PSI	37	0.83	0.48	4.98	1.33	0.1987
E2P19	206	J	8	0.74	0.23	1.34	1.33	0.0098

E2P19	209	J	6	0.77	0.22	3.68	1.31	0.0265
E2P19	210	PSI	41	0.83	0.36	4.01	1.34	0.09
E2P19	211	PCI	45	0.83	0.56	6.74	1.33	0.366
E2P19	212	J	7	0.8	0.32	3.61	1.34	0.0595
E2P20	213	J	19	0.81	0.35	8.23	1.34	0.1662
E2P20	214	T	2	0.74	0.62	8.16	1.34	0.4317
E2P20	215	PSI	42	0.77	0.49	9.19	1.31	0.3288
E2P20	216	T	1	0.79	0.25	4.94	1.32	0.0484
E2P20	218	PCI	68	0.81	0.54	2.45	1.31	0.1178
E2P20	219	PCI	27	0.78	0.44	3.79	1.33	0.1122
E2P20	220	T	3	0.77	0.52	6.65	1.31	0.2679
E2P21	221	PCI	70	0.75	0.6	7.72	1.35	0.3929
E2P21	223	PSI	37	0.77	0.43	9.53	1.31	0.2626
E2P21	225	PSI	46	0.81	0.67	5.99	1.31	0.4434
E2P21	226	J	6	0.72	0.63	9.45	1.33	0.4887
E2P21	227	J	6	0.77	0.38	5.87	1.31	0.1263
E2P21	228	T	3	0.76	0.67	7.75	1.34	0.505
E2P21	229	J	17	0.76	0.51	6.48	1.31	0.2447
E2P22	230	T	3	0.76	0.5	3.1	1.35	0.1125
E2P22	232	J	4	0.78	0.3	9.17	1.32	0.1262

E2P22	233	T	2	0.76	0.67	5.27	1.32	0.3434
E2P22	234	PCI	77	0.8	0.31	8.55	1.32	0.1322
E2P22	235	PCI	24	0.78	0.64	5.61	1.33	0.3514
E2P22	236	PCI	52	0.82	0.6	9.63	1.31	0.5859
E2P23	237	J	8	0.75	0.23	9.09	1.34	0.068
E2P23	238	T	4	0.75	0.47	1.99	1.31	0.0621
E2P23	240	PSI	29	0.72	0.48	5.16	1.31	0.1549
E2P23	241	PSI	48	0.76	0.39	7.8	1.31	0.1722
E2P23	242	J	8	0.78	0.21	4.99	1.34	0.0336
E2P23	243	PCI	57	0.74	0.51	7.81	1.34	0.2796
E3P24	244	PCI	62	0.8	0.36	4.42	1.32	0.0921
E3P24	246	J	8	0.83	0.49	3.46	1.33	0.1438
E3P24	247	PCI	94	0.73	0.23	7.42	1.31	0.0526
E3P24	248	J	16	0.82	0.49	5.9	1.3	0.2394
E3P24	249	T	2	0.78	0.3	4.32	1.32	0.0595
E3P25	250	PSI	35	0.77	0.63	1.28	1.32	0.0757
E3P25	251	PSI	48	0.75	0.25	8.01	1.34	0.0708
E3P25	253	PCI	46	0.77	0.5	4.67	1.3	0.174
E3P26	254	PCI	94	0.77	0.33	8.08	1.33	0.1311
E3P26	258	PCI	51	0.74	0.33	9.86	1.34	0.1478

E3P26	259	T	3	0.72	0.59	8.17	1.3	0.3705
E3P27	260	T	4	0.72	0.59	3.16	1.31	0.1433
E3P27	261	J	19	0.76	0.28	4.9	1.33	0.0558
E3P27	263	PCI	29	0.8	0.59	9.52	1.34	0.533
E3P27	264	T	2	0.81	0.24	9.06	1.33	0.0861
E3P27	265	PCI	85	0.76	0.67	1.67	1.35	0.1088
E3P27	266	PSI	26	0.74	0.67	2.72	1.35	0.168
E3P28	267	PSI	40	0.84	0.64	4.15	1.33	0.3014
E3P28	270	PSI	34	0.84	0.51	8.22	1.34	0.3791
E3P28	271	J	4	0.73	0.22	8.29	1.31	0.0537
E3P29	272	T	4	0.76	0.42	3.07	1.34	0.0786
E3P29	274	PSI	45	0.78	0.48	4.33	1.34	0.1525
E3P29	275	PCI	38	0.72	0.62	4.24	1.32	0.2124
E3P29	276	PSI	26	0.82	0.27	3.16	1.31	0.0389
E3P29	277	T	1	0.73	0.39	8.19	1.31	0.1668
E3P30	278	PSI	23	0.77	0.41	5.06	1.31	0.1267
E3P30	280	PCI	43	0.8	0.58	6.98	1.34	0.3777
E3P30	281	T	2	0.76	0.28	3.99	1.32	0.0454
E3P30	282	J	4	0.76	0.35	9.47	1.33	0.1684
E3P30	283	J	7	0.79	0.61	3.04	1.34	0.1774

E3P31	284	PCI	51	0.8	0.27	1.7	1.33	0.0199
E3P31	286	J	17	0.81	0.26	4.54	1.31	0.0506
E3P31	288	J	8	0.79	0.23	6.6	1.3	0.0548
E3P31	289	J	17	0.81	0.32	2.02	1.31	0.0341
E3P31	290	PSI	34	0.8	0.22	3.97	1.34	0.0309
E4P32	291	PSI	29	0.76	0.53	1.73	1.34	0.0705
E4P32	292	J	13	0.8	0.54	5.44	1.31	0.2552
E4P32	294	T	2	0.76	0.24	8.77	1.32	0.0733
E4P33	297	PCI	97	0.78	0.55	6.57	1.33	0.3039
E4P33	298	T	4	0.78	0.45	8.64	1.35	0.2675
E4P34	300	J	7	0.74	0.3	5.85	1.31	0.0725
E4P34	302	PCI	96	0.83	0.44	9.13	1.32	0.306
E4P34	303	T	2	0.73	0.24	8.4	1.32	0.0648
E4P35	304	T	3	0.74	0.32	9.21	1.31	0.1298
E4P35	305	J	13	0.74	0.31	3.53	1.31	0.0467
E4P36	307	PSI	49	0.8	0.24	6.71	1.3	0.0622
E4P36	308	PSI	23	0.84	0.39	2.17	1.31	0.0585
E4P36	310	PCI	66	0.73	0.54	8.86	1.3	0.346
E4P37	313	J	16	0.8	0.5	2.24	1.31	0.0901
E4P37	314	J	13	0.81	0.31	5.02	1.31	0.0795

E4P38	315	J	16	0.8	0.49	8.26	1.32	0.319
E4P38	317	T	3	0.79	0.24	8.72	1.31	0.0788
E4P39	318	PSI	21	0.82	0.27	9.37	1.35	0.1154
E4P39	320	PSI	35	0.79	0.41	3.62	1.3	0.0954
E4P39	321	PCI	26	0.83	0.62	9.45	1.33	0.6289
E4P39	322	J	10	0.76	0.27	9.51	1.35	0.1006
E4P40	323	T	2	0.77	0.61	2.69	1.31	0.1492
E4P40	324	J	18	0.83	0.34	1.17	1.31	0.0234
E4P40	326	T	4	0.83	0.23	4.3	1.33	0.0394
E4P40	327	PSI	41	0.83	0.32	8.48	1.3	0.1503
E4P40	328	PCI	92	0.77	0.4	2.24	1.33	0.0534
E4P41	329	PCI	95	0.73	0.5	8.39	1.33	0.2809
E5P44	335	PCI	91	0.8	0.51	1.66	1.34	0.0694
E5P45	337	J	4	0.82	0.31	1.21	1.33	0.0197
E5P47	341	T	1	0.84	0.54	3.78	1.35	0.1955
E5P47	342	T	2	0.82	0.26	9.89	1.33	0.113
E5P47	343	T	1	0.79	0.37	6.91	1.33	0.1484
E5P48	344	PCI	69	0.77	0.26	3.89	1.34	0.0392
E5P49	348	J	9	0.74	0.61	8.93	1.31	0.4573

Estrato densidad muy alta (E1), densidad alta (E2), densidad media (E3), densidad baja (E4) y densidad muy baja (E5).

(E1P1): Estrato muy alta, parcela N°01; Tiernos (T), Jóvenes (J), Adultos sin inflorescencia (PSI) y Adultos con inflorescencia (PCI).

**Fuente: Elaboración propia.**

***Tabla N°21: Data de biomasa total seca aérea, biomasa y carbono en raíces por parcela.***

<b>Estrato/ parcela</b>	<b>Biomasa Total por parcela</b>	<b>Biomasa seca total (Puya) (T)</b>	<b>B.seca total</b>	<b>Carbono por Parcela</b>	<b>Carbono potencial (T)</b>	<b>Carbono total</b>	<b>Biomasa de raíces por parcela</b>	<b>Carbono en Raíces por parcela</b>
E1P1	1.9614	0.8561	2.8175	0.9807	0.428	1.4087	0.5124	0.2562
E1P2	3.3561	0.4786	3.8347	1.67805	0.2393	1.91735	0.5800	0.2900
E1P3	2.1309	0.4512	2.5821	1.06545	0.2256	1.29105	0.4948	0.2474
E1P4	2.3527	0.3505	2.7032	1.17635	0.1753	1.35165	0.5040	0.2520
E1P5	2.578	0.18	2.758	1.289	0.09	1.379	0.5080	0.2540
E1P6	0.7571	0.8994	1.6565	0.37855	0.4497	0.82825	0.4139	0.2070
E1P7	3.0987	0.2337	3.3324	1.54935	0.1169	1.66625	0.5482	0.2741
E1P8	0.9949	0.8194	1.8143	0.49745	0.4097	0.90715	0.4293	0.2147
E1P9	1.4351	0.5925	2.0276	0.71755	0.2962	1.01375	0.4489	0.2245
E1P10	1.2024	0.4472	1.6496	0.6012	0.2236	0.8248	0.4132	0.2066
E1P11	1.7744	0.8765	2.6509	0.8872	0.4382	1.3254	0.5000	0.2500
E1P12	1.7409	0.3676	2.1085	0.87045	0.1838	1.05425	0.4561	0.2280
E2P13	1.8134	0.7599	2.5733	0.9067	0.3799	1.2866	0.4941	0.2470
E2P14	2.0257	0.4173	2.443	1.01285	0.2086	1.22145	0.4839	0.2419
E2P15	1.2852	0.2506	1.5358	0.6426	0.1253	0.7679	0.4015	0.2008
E2P16	1.0676	0.1872	1.2548	0.5338	0.0936	0.6274	0.3702	0.1851
E2P17	0.9703	0.3223	1.2926	0.48515	0.1611	0.64625	0.3746	0.1873

E2P18	1.6466	0.9565	2.6031	0.8233	0.4783	1.3016	0.4964	0.2482
E2P19	0.7505	0.3236	1.0741	0.37525	0.1618	0.53705	0.3478	0.1739
E2P20	1.473	0.5493	2.0223	0.7365	0.2747	1.0112	0.4485	0.2242
E2P21	2.4636	0.8292	3.2928	1.2318	0.4146	1.6464	0.5456	0.2728
E2P22	1.6516	0.5204	2.172	0.8258	0.2602	1.086	0.4615	0.2308
E2P23	0.7704	0.2705	1.0409	0.3852	0.1353	0.5205	0.3434	0.1717
E3P24	0.5874	0.2298	0.8172	0.2937	0.1149	0.4086	0.3116	0.1558
E3P25	0.3205	0.6979	1.0184	0.16025	0.349	0.50925	0.3404	0.1702
E3P26	0.6494	0.3512	1.0006	0.3247	0.1756	0.5003	0.3380	0.1690
E3P27	1.095	0.2568	1.3518	0.5475	0.1284	0.6759	0.3814	0.1907
E3P28	0.7342	0.8294	1.5636	0.3671	0.4147	0.7818	0.4044	0.2022
E3P29	0.6492	0.3988	1.048	0.3246	0.1994	0.524	0.3443	0.1722
E3P30	0.8956	0.1457	1.0413	0.4478	0.0728	0.5206	0.3434	0.1717
E3P31	0.1903	0.7022	0.8925	0.09515	0.3511	0.44625	0.3228	0.1614
E4P32	0.399	0.5665	0.9655	0.1995	0.2833	0.4828	0.3332	0.1666
E4P33	0.5714	0.5246	1.096	0.2857	0.2623	0.548	0.3506	0.1753
E4P34	0.4433	0.6895	1.1328	0.22165	0.3447	0.56635	0.3553	0.1776
E4P35	0	0.2597	0.2597	0	0.1299	0.1299	0.1965	0.0983
E4P36	0	0.3507	0.3507	0	0.1753	0.1753	0.2217	0.1109
E4P37	0	0.3386	0.3386	0	0.1693	0.1693	0.2186	0.1093

E4P38	0	0.4831	0.4831	0	0.2415	0.2415	0.2522	0.1261
E4P39	0	0.4947	0.4947	0	0.2473	0.2473	0.2546	0.1273
E4P40	0.4157	0.8213	1.237	0.20785	0.4106	0.61845	0.3681	0.1840
E4P41	0.2809	0.3755	0.6564	0.14045	0.1877	0.32815	0.2853	0.1426
E5P42		0.2314	0.2314	0	0.1157	0.1157	0.1876	0.0938
E5P43		0.7552	0.7552	0	0.3776	0.3776	0.3018	0.1509
E5P44	0.0694	0.3935	0.4629	0.0347	0.1967	0.2314	0.2479	0.1240
E5P45	0.0197	0.4976	0.5173	0.00985	0.2488	0.25865	0.2593	0.1296
E5P46		0.4651	0.4651	0	0.2325	0.2325	0.2484	0.1242
E5P47	0.4569	0.312	0.7689	0.22845	0.156	0.38445	0.3040	0.1520
E5P48	0.0392	0.225	0.2642	0.0196	0.1125	0.1321	0.1979	0.0989
E5P49	0.4573	0.3781	0.8354	0.22865	0.1891	0.41775	0.3143	0.1572

Estrato densidad muy alta (E1), densidad alta (E2), densidad media (E3), densidad baja (E4) y densidad muy baja (E5).

**Fuente: Elaboración propia.**

- Tabla N°22: Data de Carbono almacenado en la hojarasca por parcela

<b>Estrato/ parcela</b>	<b>Peso en Campo (kg)</b>	<b>Peso de muestra húmeda (g)</b>	<b>Peso de muestra seca (g)</b>	<b>Humedad de la submuestra</b>	<b>Peso seco total de biomasa</b>	<b>Contenido de Carbono</b>
E1P1	5.27	201.6375	175.4504	14.9256	0.0033	0.0017
E1P2	8.45	199.1362	180.2298	10.4902	0.0074	0.0037
E1P3	4.98	200.222	175.563	14.0457	0.0033	0.0017
E1P4	3.68	199.8247	180.8991	10.462	0.0032	0.0016
E1P5	5.93	198.3286	176.402	12.4299	0.0044	0.0022
E1P6	6.41	200.1384	180.2643	11.025	0.0053	0.0027
E1P7	4.75	201.5501	177.6852	13.431	0.0033	0.0016
E1P8	6.88	198.426	176.562	12.3832	0.0051	0.0026
E1P9	6.72	199.7438	180.6698	10.5574	0.0058	0.0029
E1P10	8.81	199.2997	180.1359	10.6385	0.0076	0.0038
E1P11	8.25	198.4556	180.4347	9.9875	0.0075	0.0038
E1P12	7.76	200.1129	178.1881	12.3043	0.0058	0.0029
E2P13	4.64	199.8676	178.9437	11.693	0.0037	0.0018
E2P14	6.11	199.8109	178.914	11.6799	0.0048	0.0024
E2P15	4.57	201.4224	178.7326	12.6948	0.0033	0.0017
E2P16	7.46	200.4366	177.987	12.6131	0.0055	0.0027
E2P17	6.32	201.3238	180.8174	11.3409	0.0051	0.0026
E2P18	3.54	200.8556	178.5771	12.4756	0.0026	0.0013
E2P19	3.23	200.9848	175.7616	14.3508	0.0021	0.0011
E2P20	8.63	198.1627	175.2693	13.0618	0.0061	0.0031
E2P21	6.76	201.8291	180.689	11.6997	0.0053	0.0027
E2P22	3.58	200.9082	177.7981	12.9979	0.0026	0.0013
E2P23	4.54	201.761	179.4712	12.4197	0.0034	0.0017
E3P24	6.16	199.8321	180.2155	10.8851	0.0052	0.0026
E3P25	4.55	201.7119	180.5399	11.727	0.0036	0.0018
E3P26	4.14	198.3257	176.7483	12.208	0.0031	0.0016
E3P27	3.65	198.4181	176.4113	12.4747	0.0027	0.0014
E3P28	3.32	199.7045	180.1471	10.8564	0.0028	0.0014
E3P29	3.52	201.422	175.157	14.9951	0.0022	0.0011
E3P30	4.24	199.6247	176.575	13.0538	0.003	0.0015

E3P31	8.99	198.591	178.7833	11.0792	0.0074	0.0037
E4P32	5.17	200.2417	177.3439	12.9115	0.0037	0.0019
E4P33	8.2	200.5047	179.6344	11.6182	0.0065	0.0032
E4P34	8.89	200.2345	176.638	13.3587	0.0062	0.0031
E4P35	6.43	200.9509	180.6779	11.2205	0.0053	0.0026
E4P36	3.65	200.6227	175.7372	14.1606	0.0024	0.0012
E4P37	5.13	201.2092	175.8705	14.4076	0.0033	0.0017
E4P38	4.22	200.1267	179.5811	11.4408	0.0034	0.0017
E4P39	3.89	198.2116	177.8667	11.4383	0.0031	0.0016
E4P40	4.35	200.1181	176.491	13.3871	0.003	0.0015
E4P41	8.3	201.1423	176.9076	13.6991	0.0056	0.0028
E5P42	4.84	198.7672	180.9054	9.8736	0.0045	0.0022
E5P43	5.89	201.6162	176.3154	14.3497	0.0038	0.0019
E5P44	6.23	198.1612	180.1366	10.0061	0.0057	0.0028
E5P45	5.15	199.5339	175.7215	13.5512	0.0035	0.0018
E5P46	6.66	200.4302	180.6885	10.9258	0.0056	0.0028
E5P47	4.82	201.3401	177.1323	13.6665	0.0033	0.0016
E5P48	3.61	199.499	180.1817	10.721	0.0031	0.0015
E5P49	6.86	200.6785	178.851	12.2043	0.0052	0.0026

Fuente: Elaboración propia.

- *Tabla N°23: Data de Carbono almacenado en lo arbusto genus baccharis por parcela*

Estrato/ parcela	Peso en Campo (kg)	Peso de muestra húmeda (g)	Peso de muestra seca (g)	Humedad de la submuestra	Peso seco total de biomasa	Contenido de Carbono
E1P1	11.76	198.9615	137.6173	44.5759	0.0026	0.0013
E1P2	10.84	200.3837	153.7457	30.3345	0.0035	0.0017
E1P3	6.27	199.6421	155.9577	28.0104	0.0022	0.0011
E1P4	7.41	199.5281	135.8892	46.8315	0.0015	0.0008
E1P5	13.45	198.6425	162.5297	22.2192	0.0058	0.0029
E1P6	11.45	198.5964	140.416	41.4343	0.0027	0.0013
E1P7	6.57	198.8825	165.5982	20.0994	0.0031	0.0016

E1P8	6.14	200.2495	135.8354	47.4207	0.0013	0.0006
E1P9	9.4	201.4653	143.5741	40.3215	0.0023	0.0011
E1P10	11.97	201.6144	135.6694	48.6071	0.0024	0.0012
E1P11	7.76	200.5916	133.8727	49.8376	0.0015	0.0008
E1P12	12.65	199.6225	149.541	33.4901	0.0037	0.0018
E2P13	8.17	199.2199	150.8978	32.0231	0.0025	0.0012
E2P14	11.69	199.9046	140.8941	41.8829	0.0027	0.0014
E2P15	11.85	200.942	130.7471	53.6875	0.0022	0.0011
E2P16	12.24	200.8815	139.1209	44.3935	0.0027	0.0013
E2P17	13.48	200.5523	163.6808	22.5265	0.0057	0.0029
E2P18	11.11	201.2953	161.2653	24.8225	0.0043	0.0022
E2P19	12.54	201.1964	153.3172	31.2289	0.0039	0.0019
E2P20	8.28	200.1043	130.1674	53.7284	0.0015	0.0008
E2P21	11.52	198.1316	135.3632	46.3704	0.0024	0.0012
E2P22	10.43	200.4402	141.4853	41.6686	0.0024	0.0012
E2P23	6.76	200.8982	162.1618	23.8875	0.0027	0.0014
E3P24	13.73	199.8135	135.1278	47.87	0.0028	0.0014
E3P25	5.3	201.3308	160.7456	25.2481	0.002	0.001
E3P26	10.66	200.7002	140.4412	42.9069	0.0024	0.0012
E3P27	12.56	201.3887	163.1788	23.416	0.0051	0.0026
E3P28	13.23	200.2091	158.8532	26.034	0.0049	0.0024
E3P29	5.8	198.6631	134.285	47.9414	0.0012	0.0006
E3P30	13.7	198.8759	148.6045	33.829	0.0039	0.002
E3P31	10.26	201.3741	140.9092	42.9105	0.0023	0.0012
E4P32	5.38	200.596	165.4362	21.2528	0.0024	0.0012
E4P33	10.79	201.5541	147.5257	36.623	0.0029	0.0014
E4P34	7.2	201.3659	138.5787	45.308	0.0016	0.0008
E4P35	13.35	201.7054	159.3838	26.5533	0.0048	0.0024
E4P36	8.86	201.7698	156.7669	28.7069	0.003	0.0015
E4P37	9.64	198.9679	163.5454	21.6591	0.0043	0.0021
E4P38	6.63	201.6543	131.1144	53.8003	0.0012	0.0006
E4P39	8.95	201.8371	149.5878	34.9289	0.0025	0.0012
E4P40	13.55	201.2726	155.2053	29.6815	0.0044	0.0022
E4P41	9.8	200.9255	138.327	45.254	0.0021	0.0011

E5P42	11.13	200.3445	144.2386	38.898	0.0028	0.0014
E5P43	9.75	201.8252	153.5452	31.4435	0.003	0.0015
E5P44	5.83	200.6084	144.9105	38.4361	0.0015	0.0007
E5P45	8.26	200.3912	150.7918	32.8926	0.0024	0.0012
E5P46	8.46	199.5559	144.5811	38.0235	0.0022	0.0011
E5P47	8.72	201.7055	152.8559	31.9579	0.0026	0.0013
E5P48	12.69	198.3168	146.4876	35.3813	0.0035	0.0017
E5P49	5.99	199.7535	147.559	35.372	0.0016	0.0008

Fuente: Elaboración propia.

- Tabla N°24: Data de Carbono en la herbácea stipa ichu por parcela

Estrato/ parcela	Peso en Campo (kg)	Peso de muestra húmeda (g)	Peso de muestra seca (g)	Humedad de la submuestra	Peso seco total de biomasa	Contenido de Carbono
E1P1	9.1	199.2238	141.6649	40.6303	0.0022	0.0011
E1P2	10.3	201.8239	134.4102	50.1552	0.002	0.001
E1P3	15.13	198.1537	138.6872	42.8781	0.0034	0.0017
E1P4	9.53	199.3039	163.8669	21.6255	0.0042	0.0021
E1P5	13.66	199.6495	158.1573	26.2348	0.005	0.0025
E1P6	8.85	201.9599	132.6793	52.2166	0.0017	0.0008
E1P7	7.49	199.3137	159.9988	24.572	0.0029	0.0015
E1P8	10.81	201.4224	155.7418	29.331	0.0036	0.0018
E1P9	11.62	200.4863	135.3354	48.1403	0.0024	0.0012
E1P10	7.37	201.8615	143.7974	40.3791	0.0018	0.0009
E1P11	10.34	200.3661	132.2845	51.466	0.002	0.001
E1P12	13.15	200.617	144.858	38.4922	0.0033	0.0017
E2P13	12.99	201.1631	137.7295	46.0567	0.0028	0.0014
E2P14	11.88	198.8953	146.3945	35.8625	0.0032	0.0016
E2P15	9.7	198.5825	151.371	31.1893	0.003	0.0015
E2P16	11.32	201.8566	134.3567	50.2393	0.0022	0.0011
E2P17	8.39	201.2424	158.1653	27.2355	0.003	0.0015
E2P18	6.96	200.755	140.9994	42.38	0.0016	0.0008
E2P19	12.11	199.9588	139.1469	43.7034	0.0027	0.0014

E2P20	9.66	201.6772	165.3622	21.9609	0.0042	0.0021
E2P21	5.29	201.8546	144.3963	39.7921	0.0013	0.0006
E2P22	5.32	199.2777	157.4284	26.5831	0.0019	0.001
E2P23	5.63	201.8857	147.5835	36.7942	0.0015	0.0007
E3P24	11.84	201.9349	164.6076	22.6765	0.005	0.0025
E3P25	13.99	200.8512	154.8459	29.7104	0.0046	0.0023
E3P26	10.71	199.2497	133.8046	48.9109	0.0021	0.0011
E3P27	15.5	200.2744	149.3442	34.1026	0.0044	0.0022
E3P28	5.29	200.8985	150.6859	33.3227	0.0015	0.0008
E3P29	15.59	199.6208	151.4586	31.7989	0.0048	0.0024
E3P30	9.31	201.7256	154.9827	30.1601	0.003	0.0015
E3P31	11.3	199.259	146.2614	36.2349	0.003	0.0015
E4P32	11.38	200.3665	155.1794	29.1193	0.0038	0.0019
E4P33	5.43	199.9562	154.3446	29.5518	0.0018	0.0009
E4P34	7.97	199.5913	131.2451	52.0752	0.0015	0.0008
E4P35	13.49	200.668	160.9087	24.7092	0.0052	0.0026
E4P36	11.81	200.5513	140.2592	42.9862	0.0027	0.0013
E4P37	5.33	201.4085	150.1894	34.103	0.0015	0.0008
E4P38	10.11	201.7658	143.5348	40.5693	0.0024	0.0012
E4P39	8.5	198.4191	145.5429	36.3303	0.0023	0.0011
E4P40	6.32	201.9143	143.7804	40.4324	0.0015	0.0008
E4P41	11.31	200.8692	133.4384	50.5333	0.0022	0.0011
E5P42	10.68	200.3184	165.8347	20.794	0.0049	0.0025
E5P43	12.4	201.2037	142.4742	41.2211	0.0029	0.0015
E5P44	15.97	200.4577	137.7126	45.5624	0.0034	0.0017
E5P45	8.91	200.8423	148.9806	34.811	0.0025	0.0012
E5P46	11.12	200.1601	131.7811	51.8883	0.0021	0.0011
E5P47	12.45	198.3361	156.3578	26.8476	0.0045	0.0022
E5P48	14.97	201.5062	157.411	28.0128	0.0052	0.0026
E5P49	15.5	200.583	155.205	29.2375	0.0051	0.0026

**Fuente: Elaboración propia.**

***Tabla N°25: Data de biomasa total de plantas muertas inventariadas***

<b>Estrato/ densidad</b>	<b>Parcela</b>	<b>N° Planta</b>	<b>DAP (m)</b>	<b>Longitud</b>	<b>Diam basal (m)</b>	<b>Altura total (m)</b>	<b>Biomasa seca planta (T)</b>	<b>Carbono total (T)</b>
<b>Muy Alta</b>	E1P2	16	1.2	----	0.53	0.62	0.1955	0.0977
	E1P6	69	1.4	----	0.55	0.5	0.2987	0.1493
	E1P8	91	1.2	----	0.6	0.33	0.1955	0.0977
	E1P8	95	1.5	----	0.51	0.56	0.3611	0.1805
	E1P9	101	1.3	----	0.58	0.47	0.2436	0.1218
	E1P9	104	1.27	1.8	0.58	0.6	0.9121	0.4560
	E1P12	135	1.46	----	0.55	0.47	0.3352	0.1676
<b>Alta</b>	E2P15	168	0.99	----	0.53	0.43	0.1152	0.0576
	E2P16	177	1.7	----	0.55	0.58	0.5094	0.2547
	E2P16	180	1.6	----	0.51	0.34	0.4312	0.2156
	E2P18	203	1.31	----	0.57	0.61	0.2488	0.1244
	E2P19	207	1.42	----	0.57	0.64	0.3106	0.1553
	E2P21	222	1.28	----	0.58	0.56	0.2334	0.1167
<b>Media</b>	E3P26	256	1.35	----	0.52	0.59	0.2703	0.1351
	E3P26	257	0.77	3.7	0.55	0.56	0.6892	0.3446
	E3P28	268	0.75	----	0.58	0.53	0.0537	0.0268
	E3P31	285	0.83	----	0.59	3.4	0.0709	0.0355

<b>Baja</b>	E4P32	295	0.84	8	0.53	0.61	1.7734	0.8867
	E4P32	296	0.82	----	0.6	0.57	0.0686	0.0343
	E4P37	312	0.81	----	0.55	2.72	0.0663	0.0332
<b>Muy Baja</b>	E5P42	332	0.81	1.7	0.51	0.6	0.3504	0.1752
	E5P46	338	0.94	----	0.51	0.63	0.0999	0.0499
	E5P49	346	0.73	----	0.55	0.31	0.0498	0.0249

Estrato densidad muy alta (E1), densidad alta (E2), densidad media (E3), densidad baja (E4) y densidad muy baja (E5)

**Fuente: Elaboración propia.**

- **Tabla N°26: Resumen del carbono y biomasa por estrato/componente**

<b>Estrato/ parcela</b>	<b>Plantas Vivas</b>		<b>Plantas Muertas</b>		<b>Vegetación Arbustiva</b>		<b>Hojarasca</b>		<b>Raíces (Subterránea)</b>	
	<b>T/ha</b>	<b>Tc/ha</b>	<b>T/ha</b>	<b>Tc/ha</b>	<b>T/ha</b>	<b>Tc/ha</b>	<b>T/ha</b>	<b>T/ha</b>	<b>T/ha</b>	<b>Tc/ha</b>
E1P1	2.8175	1.4087	0.0000	0.0000	0.0048	0.0024	0.0033	0.0017	0.5124	0.2562
E1P2	3.8347	1.91735	0.1955	0.0977	0.0055	0.0027	0.0074	0.0037	0.5800	0.2900
E1P3	2.5821	1.29105	0.0000	0.0000	0.0056	0.0028	0.0033	0.0017	0.4948	0.2474
E1P4	2.7032	1.35165	0.0000	0.0000	0.0057	0.0029	0.0032	0.0016	0.5040	0.2520
E1P5	2.758	1.379	0.0000	0.0000	0.0108	0.0054	0.0044	0.0022	0.5080	0.2540
E1P6	1.6565	0.82825	0.2987	0.1493	0.0044	0.0021	0.0053	0.0027	0.4139	0.2070
E1P7	3.3324	1.66625	0.0000	0.0000	0.006	0.0031	0.0033	0.0016	0.5482	0.2741
E1P8	1.8143	0.90715	0.5566	0.2783	0.0049	0.0024	0.0051	0.0026	0.4293	0.2147
E1P9	2.0276	1.01375	1.1557	0.5778	0.0047	0.0023	0.0058	0.0029	0.4489	0.2245

E1P10	1.6496	0.8248	0.0000	0.0000	0.0042	0.0021	0.0076	0.0038	0.4132	0.2066
E1P11	2.6509	1.3254	0.0000	0.0000	0.0035	0.0018	0.0075	0.0038	0.5000	0.2500
E1P12	2.1085	1.05425	0.3352	0.1676	0.007	0.0035	0.0058	0.0029	0.4561	0.2280
E2P13	2.5733	1.2866	0.0000	0.0000	0.0053	0.0026	0.0037	0.0018	0.4941	0.2470
E2P14	2.443	1.22145	0.0000	0.0000	0.0059	0.003	0.0048	0.0024	0.4839	0.2419
E2P15	1.5358	0.7679	0.1152	0.0576	0.0052	0.0026	0.0033	0.0017	0.4015	0.2008
E2P16	1.2548	0.6274	0.9406	0.4703	0.0049	0.0024	0.0055	0.0027	0.3702	0.1851
E2P17	1.2926	0.64625	0.0000	0.0000	0.0087	0.0044	0.0051	0.0026	0.3746	0.1873
E2P18	2.6031	1.3016	0.2488	0.1244	0.0059	0.003	0.0026	0.0013	0.4964	0.2482
E2P19	1.0741	0.53705	0.3106	0.1553	0.0066	0.0033	0.0021	0.0011	0.3478	0.1739
E2P20	2.0223	1.0112	0.0000	0.0000	0.0057	0.0029	0.0061	0.0031	0.4485	0.2242
E2P21	3.2928	1.6464	0.2334	0.1167	0.0037	0.0018	0.0053	0.0027	0.5456	0.2728
E2P22	2.172	1.086	0.0000	0.0000	0.0043	0.0022	0.0026	0.0013	0.4615	0.2308
E2P23	1.0409	0.5205	0.0000	0.0000	0.0042	0.0021	0.0034	0.0017	0.3434	0.1717
E3P24	0.8172	0.4086	0.0000	0.0000	0.0078	0.0039	0.0052	0.0026	0.3116	0.1558
E3P25	1.0184	0.50925	0.0000	0.0000	0.0066	0.0033	0.0036	0.0018	0.3404	0.1702
E3P26	1.0006	0.5003	0.9594	0.4797	0.0045	0.0023	0.0031	0.0016	0.3380	0.1690
E3P27	1.3518	0.6759	0.0000	0.0000	0.0095	0.0048	0.0027	0.0014	0.3814	0.1907
E3P28	1.5636	0.7818	0.0537	0.0268	0.0064	0.0032	0.0028	0.0014	0.4044	0.2022
E3P29	1.048	0.524	0.0000	0.0000	0.006	0.003	0.0022	0.0011	0.3443	0.1722

E3P30	1.0413	0.5206	0.0000	0.0000	0.0069	0.0035	0.003	0.0015	0.3434	0.1717
E3P31	0.8925	0.44625	0.0709	0.0355	0.0053	0.0027	0.0074	0.0037	0.3228	0.1614
E4P32	0.9655	0.4828	1.8420	0.9210	0.0062	0.0031	0.0037	0.0019	0.3332	0.1666
E4P33	1.096	0.548	0.0000	0.0000	0.0047	0.0023	0.0065	0.0032	0.3506	0.1753
E4P34	1.1328	0.56635	0.0000	0.0000	0.0031	0.0016	0.0062	0.0031	0.3553	0.1776
E4P35	0.2597	0.1299	0.0000	0.0000	0.01	0.005	0.0053	0.0026	0.1965	0.0983
E4P36	0.3507	0.1753	0.0000	0.0000	0.0057	0.0028	0.0024	0.0012	0.2217	0.1109
E4P37	0.3386	0.1693	0.0663	0.0332	0.0058	0.0029	0.0033	0.0017	0.2186	0.1093
E4P38	0.4831	0.2415	0.0000	0.0000	0.0036	0.0018	0.0034	0.0017	0.2522	0.1261
E4P39	0.4947	0.2473	0.0000	0.0000	0.0048	0.0023	0.0031	0.0016	0.2546	0.1273
E4P40	1.237	0.61845	0.0000	0.0000	0.0059	0.003	0.003	0.0015	0.3681	0.1840
E4P41	0.6564	0.32815	0.0000	0.0000	0.0043	0.0022	0.0056	0.0028	0.2853	0.1426
E5P42	0.2314	0.1157	0.3504	0.1752	0.0077	0.0039	0.0045	0.0022	0.1876	0.0938
E5P43	0.7552	0.3776	0.0000	0.0000	0.0059	0.003	0.0038	0.0019	0.3018	0.1509
E5P44	0.4629	0.2314	0.0000	0.0000	0.0049	0.0024	0.0057	0.0028	0.2479	0.1240
E5P45	0.5173	0.25865	0.0000	0.0000	0.0049	0.0024	0.0035	0.0018	0.2593	0.1296
E5P46	0.4651	0.2325	0.0999	0.0499	0.0043	0.0022	0.0056	0.0028	0.2484	0.1242
E5P47	0.7689	0.38445	0.0000	0.0000	0.0071	0.0035	0.0033	0.0016	0.3040	0.1520
E5P48	0.2642	0.1321	0.0000	0.0000	0.0087	0.0043	0.0031	0.0015	0.1979	0.0989
E5P49	0.8354	0.41775	0.0498	0.0249	0.0067	0.0034	0.0052	0.0026	0.3143	0.1572

**Fuente: Elaboración propia.**

## **ANEXO 05: MAPAS.**

- **Mapa de densidades forestales (distribución de la *Puya Raimondii* en el SN de Calipuy)**
- **Mapa de distribución de parcelas-Muestreo Piloto.**
- **Mapa de distribución de parcela-fase de campo.**

ANEXO 06: Autorizaciones para realización de la fase en campo en el Santuario Nacional de Calipuy.

Oficio de autorización para realización de muestreo piloto en el SNC

	<b>PERÚ</b>	<b>Ministerio del Ambiente</b>	<b>Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado</b>	<b>Santuario Nacional de Calipuy</b>
---	-------------	--------------------------------	--	--------------------------------------

*"Año del Diálogo y la Reconstrucción Nacional"*

Santiago de Chuco, 23 de Noviembre del 2018

**Oficio N° 090 - 2018 – SERNANP – DGANP – SNCAJ.**

Señorita:  
JOSE PONTE LEON  
GRETY AGUILAR BUROS  
Estudiantes de la Universidad privada Cesar Vallejo  
Presente.-

Asunto: Visita al Santuario Nacional de Calipuy  
Referencia: Solicitud de fecha 21 de Noviembre del 2018

---

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo cordialmente a nombre de la Jefatura del Santuario Nacional de Calipuy, del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado-SERNANP, ente adscrito al Ministerio del Ambiente.

Asimismo, en atención al documento de la referencia, se expide la presente autorización a fin de facilitar el ingreso al Santuario Nacional de Calipuy para los días 26 y 27 del presente año, a las personas indicadas en el referido documento que ha hecho llegar a este despacho, a fin de que efectúen la visita a esta área natural protegida.

Al respecto, los visitantes deberán cumplir y asumir las siguientes recomendaciones, bajo responsabilidad:

1. Correr con sus propios gastos para el traslado a la ANP y alimentos suficientes para su visita.
2. Respetar y cumplir con las indicaciones del personal Guardaparque del puesto de control.
3. Observar y respetar las señalizaciones.
4. Visitar solo las zonas que el personal Guardaparque les indique y las que estén permitidas.
5. No arrojar ni dejar desperdicios sólidos o líquidos, ni sustancias tóxicas, al interior del ANP.
6. No coleccionar ni extraer muestras de flora y fauna silvestre del ANP, para ello necesita un permiso especial y pago de acuerdo al TUPA del SERNANP.
7. No tomar fotografías ni filmaciones dentro del Área Natural Protegida con fines comerciales, pues se necesita un permiso especial y pago de acuerdo al TUPA del SERNANP.
8. No realizar sonidos que perturben la tranquilidad del ANP y de las especies de fauna silvestre presentes.
9. No portar armas de fuego, no las necesita.
10. Los visitantes que ingresarán al ANP serán estrictamente los que figuran en el documento de la referencia.

La Jefatura del Santuario Nacional de Calipuy, advierte que no tendrá responsabilidad civil o penal por cualquier accidente personal, muerte o daño material que pudiera ocurrir durante el periodo de visita al interior del Área Natural Protegida.

Es propicia la oportunidad para ofrecerle los sentimientos de mi mayor consideración y estima.

Atentamente,

MINISTERIO DEL AMBIENTE  
SERVICIO NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS  
SERNANP  
SANTUARIO NACIONAL DE CALIPUY



Rigo RIGOBERTO ZAVALETA ZAVALETA  
Jefe del SNCA

cc: Archivo

---

<b>JEFATURA</b> Calle Miguel Grau N° 1839 Santiago de Chuco, La Libertad	<b>Sede SERNANP – Lima</b> Calle Diecisiete N° 355 Urb. El palomar – San Isidro – LIMA 27 Telf N° 01-2251053; 01-7177500 Email: sernanp@sernanp.gob.pe
--	--

## Anexo 07: Certificado de calibración de la balanza analítica LCM-A-280-2018.

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LCM-A-280-2018

CON VALOR OFICIAL  
SEGÚN CÉDULA DE NOTIFICACIÓN N° 084-2016-INACAL/DA

N° de Exp.: 181482  
PÁGINA: 1 de 3  
Fecha de Emisión:  
2018-11-16

- 1.- **CLIENTE** : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.  
2.- **DIRECCIÓN** : Av. Víctor Larco N° 1770 Urb. San Andrés 5ta. Etapa - Trujillo - La Libertad.  
3.- **PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN** : INACAL - DM PC-011 (4ª Edición Abril 2010) ,  
*Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II .*  
4.- **MÉTODO DE CALIBRACIÓN** : Comparación de las indicaciones de la balanza contra cargas aplicadas de valor conocido (pesas patrón).

5.- **PATRONES DE REFERENCIA Y TRABAJO** (VIMS 5.6 y 5.7)

Trazabilidad metrológica (VIMS 2.4.3)	Nombre del patrón	Código del patrón	Certificado de Calibración
DM INACAL - PERÚ	Juego de Pesas 1 mg a 200 g	MM 001/2	INACAL LM-653-2018

Las pesas patrón utilizadas durante la calibración de la balanza, tienen asegurada su trazabilidad metrológica a los patrones de la Dirección de Metrología del INACAL (DM INACAL).

6.- **INSTRUMENTO CALIBRADO** :

BALANZA			
Marca	: SARTORIUS	Capacidad Máxima (Max)	: 220 g
Modelo	: PRACTUM224-1S	Resolución (d)	: 0,0001 g
Serie	: 0034605650	División de Verificación (e)	: 0,001 g (*)
Código	: D01-006465	Clase de Exactitud	: I (**)

7.- **CONDICIONES DE REFERENCIA** (VIMS 4.11) :

**Lugar de Calibración** :

Laboratorio de Biotecnología - Centro de Innovación Tecnológica - UCV  
Auxiliar Panam. Norte N° 320 - Moche - Trujillo.

**Condiciones ambientales durante la calibración** :

	Inicio	Final
Temperatura Ambiental	27,3 °C	27,5 °C
Humedad Relativa	49,3 %	52,2 %

8.- **FECHA DE CALIBRACIÓN** :

2018-11-08

JEFE DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN	RESPONSABLE DE DIVISIÓN
<i>Ing. Ellis Castilla Calle.</i> CIP N° 141675	<i>Leonel Palomino Nuñez.</i>

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LCM-A-280-2018**

Nº de Exp. : 181482

PÁGINA: 2 de 3

Fecha de Emisión:

2018-11-16

**9.- RESULTADOS DE MEDICIÓN :**

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Carga (g) : 109,99993		Carga (g) : 220,00005	
I (g)	E (mg)	I (g)	E (mg)
109,9999	0,0	220,0000	-0,1
109,9999	0,0	220,0001	0,0
110,0000	0,1	220,0002	0,1
109,9998	-0,1	220,0000	-0,1
109,9999	0,0	220,0002	0,1
110,0000	0,1	220,0001	0,0
109,9999	0,0	220,0001	0,0
109,9999	0,0	220,0000	-0,1
110,0000	0,1	220,0001	0,0
109,9999	0,0	220,0001	0,0

Carga (g)	Emax - Emin (mg)	e.m.p. (mg)
110	0,2	2,0
220	0,2	3,0

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Vista Frontal de la Posición de la Carga



Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>		Determinación de E <sub>c</sub>			e.m.p. (mg)
	Carga Mínima (g) : 0,00100		Carga (g) : 69,99992			
	I (g)	E <sub>0</sub> (mg)	I (g)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
Centro	0,0010	0,0	70,0000	0,1	0,1	2,0
I	0,0009	-0,1	70,0000	0,1	0,2	2,0
II	0,0009	-0,1	70,0000	0,1	0,2	2,0
III	0,0010	0,0	69,9999	0,0	0,0	2,0
IV	0,0009	-0,1	69,9998	-0,1	0,0	2,0

Posición de la Carga	E <sub>c</sub> (mg)	e.m.p. (mg)
Centro	0,1	2,0
I	0,2	2,0
II	0,2	2,0
III	0,0	2,0
IV	0,0	2,0

Diferencia de Posiciones	ΔE <sub>c</sub> (mg)
I - Centro	0,1
II - Centro	0,1
III - Centro	-0,1
IV - Centro	-0,1

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LCM-A-280-2018**

N° de Exp. : 181482

PÁGINA: 3 de 3

Fecha de Emisión:

2018-11-16

**9.- RESULTADOS DE MEDICIÓN (CONTINUACIÓN) :**

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga (g)	CARGA CRECIENTE			CARGA DECRECIENTE			u(Ec) (mg)	e.m.p. (mg)
	I (g)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	E (mg)	Ec (mg)		
0,00100	0,0010	0,0						
0,01000	0,0100	0,0	0,0	0,0100	0,0	0,0	0,1	1,0
20,99995	21,0000	0,1	0,1	21,0000	0,1	0,1	0,1	1,0
50,99996	51,0000	0,0	0,0	51,0001	0,1	0,1	0,1	2,0
79,99990	79,9999	0,0	0,0	80,0000	0,1	0,1	0,1	2,0
100,99994	101,0000	0,1	0,1	101,0001	0,2	0,2	0,1	2,0
119,99990	120,0001	0,2	0,2	120,0001	0,2	0,2	0,1	2,0
139,99990	140,0000	0,1	0,1	139,9999	0,0	0,0	0,1	2,0
159,99990	160,0000	0,1	0,1	160,0000	0,1	0,1	0,1	2,0
179,99985	179,9999	0,0	0,0	180,0000	0,1	0,1	0,1	2,0
201,00009	201,0002	0,1	0,1	201,0002	0,1	0,1	0,1	3,0
220,00005	220,0001	0,0	0,0	220,0001	0,0	0,0	0,2	3,0

<b>Lectura Corregida ( <math>R_{correctada}</math> ) :</b>	$R_{correctada} = ( R - 5,831E-07 \times R ) g$
--	---

<b>Incertidumbre Expandida ( <math>U_k</math> ) :</b>	$U_p(k=2) = 2 \times \sqrt{ ( 7,944E-09 + 3,248E-12 \times R^2 ) } g$
---	---

La incertidumbre expandida es calculada teniendo en cuenta los aportes de incertidumbre de los patrones utilizados, los ensayos de medición y las magnitudes de influencia. Asimismo la incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

I : Valor de indicación de la balanza = R

E : Error calculado

Eo : Error en cero (carga mínima)

Ec : Error corregido (E - Eo)

u(Ec) : Incertidumbre combinada del error corregido

e.m.p : Error máximo permisible

**10.- OBSERVACIONES :**

- a.- (\*) El valor de división de verificación ( $\rho$ ) para esta balanza se ha elegido de acuerdo a la consideración del PC-011: 4ta Ed.; ítem 10.2.
- b.- (\*\*) La clase de exactitud para esta balanza ha sido asignada según la Norma Metroológica Peruana NMP-003-2009: 2da Ed.; ítem 3.1.2, 3.2.
- c.- De acuerdo a la NMP-003-2009: 2da Ed.; ítem 3.2, 3.4.3, la capacidad máxima para la balanza es de 0,01 g.
- d.- Antes de iniciar la calibración, se colocó una carga de 200 g sobre la balanza y su indicación fue de 200,0049 g. Luego se realizó el ajuste del instrumento balanza con pesas patrón, las cuales también fueron utilizada para ejecutar la calibración del instrumento.
- e.- Se ha colocado una etiqueta autoadhesiva con la indicación del número de CERTIFICADO y la fecha de calibración.
- f.- Los resultados consignados en este documento se refieren únicamente a la balanza sometida a calibración, al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. REI ES S.R.L. no se responsabiliza por los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de la balanza o de este documento.
- g.- Los resultados de la calibración no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- h.- Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el Cliente debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados (lapso de confirmación metrológica). Se recomienda que la determinación de estos intervalos se base en la norma ISO 10012, la guía ILAC-G24 y el documento OIML D 10.
- i.- VIM3: Vocabulario Internacional de Metrología - Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados, 3era Edición (JCGM 200:2012). Traducción al español por el DM-INACAL.

FIN DEL CERTIFICADO