UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ECOSISTEMAS

Efecto de la extracción periódica del follaje en el balance nutricional de *Ilex guayusa* en plantaciones comerciales de Archidona, Napo

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ECOSISTEMAS

AUTOR

OLGA LIZBETH TANGUILA MAMALLACTA

Tena – Ecuador

2025

UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ECOSISTEMAS

Efecto de la extracción periódica del follaje en el balance nutricional de *Ilex guayusa* en plantaciones comerciales de Archidona, Napo

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ECOSISTEMAS

AUTOR: OLGA LIZBETH TANGUILA MAMALLACTA

TUTOR: PhD. WILFREDO RAMIRO FRANCO

COTUTOR/A: PhD. WILLIN GABRIEL ÁLVAREZ IRAUSQUIN,

PhD. ZULAY MARINA NIÑO RUIZ

Tena – Ecuador

2025

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Carrera ingeniería en Ecosistemas

Tena, 19 de marzo de 2025

De mi consideración:

Yo, Olga Lizbeth Tanguila Mamallacta, con documento de identidad 1501026346, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título de Ingeniería en Ecosistemas, son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en la presente investigación son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Por la favorable atención a la presente, suscribo de usted,

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
OLGA LIZBETH
TANGUILA MAMALLACTA

Olga Lizbeth Tanguila Mamallacta
1501026346

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Carrera ingeniería en Ecosistemas

Tena, 19 de marzo de 2025

Yo, Olga Lizbeth Tanguila Mamallacta, con documento de identidad 1501026346, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: Efecto de la extracción periódica del follaje en el balance nutricional de *Ilex guayusa* en plantaciones comerciales de Archidona, Napo, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, reconozco a favor de la Universidad Regional Amazónica, Ikiam, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo autorizo a la Universidad Regional Amazónica, Ikiam para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
OLGA LIZBETH
TANGUILA MAMALLACTA

Olga Lizbeth Tanguila Mamallacta
1501026346

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Carrera ingeniería en Ecosistemas

Tena, 19 de marzo de 2025

Certifico que el Trabajo de Titulación: "Efecto de la extracción periódica del follaje en el balance nutricional de *Ilex guayusa* en plantaciones comerciales de Archidona, Napo ", aprobado bajo el mecanismo de titulación de Tesis, fue realizado por Olga Lizbeth Tanguila Mamallacta, bajo nuestra dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.

Firmado electrónicamente por:
RAMIRO FRANCO WILFREDO

Tutor/a
Ramiro Franco Wilfredo
C.I: 1757359433

Firmado electrónicamente por:
WILLIN GABRIEL ALVAREZ IRAUSQUIN

Cotutor/a
Willin Gabriel Álvarez Irausquin
C.I: 1758477622

Firmado electrónicamente por:
ZULAY MARINA NIÑO RUIZ

Cotutor/a
Zulay Marina Niño Ruiz
C.I: 1757560303

AGRADECIMIENTO

Culminar este proyecto de investigación ha sido uno de mis más grandes retos, y lo he recorrido con ayuda de muchos que me han apoyado durante este proceso. Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a quienes formaron parte de esta maravillosa etapa:

A Dios, quien me ha guiado y me ha brindado sabiduría, paciencia y perseverancia durante toda mi etapa universitaria, gracias por haberme siempre sostenido de la mano y nunca dejarme sola.

A mi familia, gracias por su apoyo incondicional y por siempre creer en mí, incluso cuando yo misma dudada.

A mi querida Universidad Regional Amazónica Ikiam, por haberme dado la oportunidad de obtener una profesión y ser una ayuda para la sociedad.

A mi tutor y cotutores, por su invaluable apoyo y guía durante este proceso. Su conocimiento y paciencia fueron claves para la realización de la tesis.

A mis compañeros de trabajo, gracias por siempre estar presente cuando yo más los necesitaba.

A los productores de guayusa de Tambayacu (Carlos Shiguango., Bartolo Shiguango., Mercedes Grefa., Oswaldo Shiguango. y Nelida Shiguango.) por haberme apoyado, y brindado las posibilidades de investigar en sus parcelas.

A la empresa GIZ, por haberme apoyado con el financiamiento para este proyecto de investigación.

DEDICATORIA

Este logro no es solo mío, sino también de quienes estuvieron siempre apoyándome:
A mi mamá, mi más grande fuente de amor y apoyo. Gracias por haberme inculcado el valor de la perseverancia, por haber estado en mis peores momentos, por tus consejos y por siempre estar allí para mí. Te dedico este trabajo que con esfuerzo y sacrificio lo realice, mi eterna gratitud y admiración, siempre contarás conmigo.

A mi abuelita mil gracias mamita, gracias por ser mi fortaleza, por darme tu cariño y me has enseñado con tu ejemplo de vida lo que verdaderamente significa ser valiente, y resiliente. Este logro también es tuyo.

A la memoria de mi abuelito, que desde el cielo me guía y me ilumina. Siempre estaré agradecida por haberme querido como si fuera tu hija, fuiste mi más grande apoyo y siempre serás mi único papito, te amo.

A mis tías y tíos, les dedico este trabajo porque también formaron parte de ello, que con sus consejos me inspiraron a alcanzar mi meta.

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA
DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN iv
AGRADECIMIENTO v
DEDICATORIA vi
TABLA DE CONTENIDO vii
ÍNDICE DE TABLAS ix
ÍNDICE DE FIGURAS x
ÍNDICE DE ANEXOS xi
RESUMEN xii
ABSTRACT xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 1
1.1. Antecedentes 1
1.2. Planteamiento del problema 5
1.3. Justificación de la investigación 8
1.4. Preguntas de investigación 11
1.5. Hipótesis 11
1.6. Objetivos de la investigación 11
1.6.1. General 11
1.6.2. Específicos 12
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO 12
2.1. Área de Estudio 12
2.2. Permiso del MAATE 14
2.3. Metodología 14
2.3.1. Antecedentes sobre la metodología 14
2.4. Diseño experimental 15
2.5. Métodos de estudio en campo 16
2.5.1. Establecimiento y levantamiento de parcelas 17
2.5.3. *Determinación de las propiedades de los suelos y sus propiedades físicas y químicas* 23
2.6. Métodos de estudio en laboratorio 24

2.6.1. Procesado y preparación de muestras de material vegetal 24
2.5.1.1. Hojas 24
2.6.1.2. Ramas verdes (Brotes) 24
2.6.1.3. Troncos leñosos y corteza 25
2.6.1.4. Raíces 25
2.6.1.5. Mantillo orgánico *25*
2.6.2. Procesado y preparación de muestras de suelo 26
2.6.3. Análisis químicos a las muestras de tejidos vegetales 26
2.6.4. Análisis de las muestras de suelo en el laboratorio 26
2.7. Aplicación del software R 27
CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS 28
3.1. Resultados del inventario en las parcelas de guayusa 28
3.1.1. Datos dasonómicos de las 100 plantas. 28
3.1.2. Área basal y volumen de los tallos leñosos 30
3.1.3. Área basal y volumen de la copa 30
3.1.4. Biomasa aérea y contenido de DE N, P, K, CA, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B en las plantaciones de guayusa 32
3.1.5. cuantificación de nutrientes disponibles en el suelo y en el mantillo forestal en plantaciones de guayusa 35
3.1.6. biomasa subterránea (raíces) y contenidos de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B 39
CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN 43
4.1. Variabilidad y heterogeneidad del sistema agroforestal de guayusa 43
4.2. Estrategias de gestión de recursos por parte del sistema agroforestal de guayusa 44
4.3. El Balance de nutrientes y el efecto de la salida periódica con la cosecha de la hoja de guayusa. 46
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos dasonómicos resultantes del inventario en 5 parcelas en plantaciones de guayusa, de 12 años de edad y 8-10 meses de última cosecha, en PKR, cantón Archidona, Napo. 29

Tabla 2. Área basal y volumen de los tallos leñosos. 30

Tabla 3. Área basal y volumen de la copa de los 20 árboles de la parcela 1. 32

Tabla 4. cálculo de la densidad aparente del suelo 33

Tabla 5. Biomasa promedio por árbol: hojas, ramas y troncos y sus contenidos químicos, en plantaciones de guayusa de PKR, Archidona, Napo 34

Tabla 6. Contenido de N, P, S, B, Zn, Cu, Fe, Mn, K, Ca, Mg; densidad y peso del suelo en plantaciones de guayusa de PKR, Archidona, Napo. 36

Tabla 7. Biomasa en el mantillo forestal y contenido de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B 38

Tabla 8. Biomasa en raíces finas y contenidos de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B (muestras 7500cm3). 40

Tabla 9. Peso total sistema radical de guayusa de 12 años de edad y contenido de elementos N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B. 41

Tabla 10. Estimación de biomasa por compartimientos en plantaciones de guayusa con una densidad de 625 árboles/ha (4 x 4 m). 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio en el cantón Archidona, Napo. 13

Figura 2. Localización de las parcelas en Tambayacu, comuna Pueblo Kichwa Rukullakta, parroquia San Pablo de Ushpayacu, cantón Archidona, Napo. Fuente: Elaboración propia. 13

Figura 3. Cosecha y pesado de hojas, ramas verdes y troncos leñosos en plantaciones de guayusa de PKR, cantón Tena, Napo. 16

Figura 4. Copa del árbol de guayusa y estimación de la proporción que ocupa en un cilindro definido por la altura y la proyección de la copa al suelo. 18

Figura 5. Árbol 5 de la parcela 1. 19

Figura 6. Sistema radical al descubierto del árbol # 5 parcela 1. 20

Figura 7. Raíces gruesas pesadas en una balanza colgante. 21

Figura 8. A: Extracción de raíces finas en un volumen de 7.500 cm3 de 0-10 y 10-20 cm. B: Extracción de las raicillas mediante tamizado doble..... 22

Figura 9. Mantillo orgánico en lotes de guayusa. 22

Figura 10. Malla de raíces finas y muy finas cubriendo el suelo mineral en la base del mantillo orgánico (la imagen representa 1 cm). 43

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Datos dasonómicos (campo), 100 plantas.

ANEXO B. Área basal y volumen de troncos leñosos para 100 árboles.

ANEXO C. Área basal y volumen de la copa para los 100 árboles.

ANEXO D. Cálculo del peso seco total de hojas por árbol.

ANEXO E. Cálculo peso seco total ramas verdes.

ANEXO F. Cálculo peso seco troncos.

ANEXO G. Promedio densidad de troncos.

ANEXO H. Reporte de análisis foliares.

ANEXO I. Informe de análisis de suelos.

ANEXO. Informe estadístico.

ANEXO. Estadística de los 100 árboles.

RESUMEN

Esta investigación aborda un tema fundamental para el manejo agroecológico de la guayusa (*Ilex guayusa* Loess), una especie prometedora para la bioeconomía de la Amazonía. El estudio pretende dilucidar el estado nutricional de la guayusa en plantaciones comerciales y vislumbrar eventuales escenarios del impacto en el balance de nutrientes que pudieran derivarse de la repetitiva extracción del follaje (hojas y ramas verdes), para la cosecha comercial de hojas. El levantamiento de la biomasa de los árboles, el mantillo y los suelos, así como el análisis químico de los mismos, permitió inferir lo siguiente: a) la biomasa aérea de la guayusa contiene mucho mayor cantidad de nutrientes que los que evidencia el análisis del suelo para elementos asimilables; b) el desarrollo de las raíces, pese al repetitivo corte de la biomasa aérea es continuo y alcanza dimensiones significativamente mayores a las partes aéreas; c) el ciclaje de biomasa en la plantación a través del suelo, debe aportar una base suficiente y continua de nutrientes, asociada a la actividad de la microbiota y de la micorriza propia de la guayusa. En conclusión, el estudio no permite vislumbrar escenarios de deficiencia nutricional de la plantación comercial estudiada, lo que se presume obedece al sistema agroforestal de la chakra amazónica y a la calidad de los suelos de origen volcánico. El estudio es novedoso para la especie dado que existen más estudios de los componentes fitoquímicos y de caracterización de las hojas. En este sentido, los resultados de la presente investigación permitirán mejorar la comprensión de la especie y fundamentar mejoras en su cultivo para avanzar en la proyección de exportación a nuevos mercados como bebida energizante que requerirá mayor dominio del manejo nutricional de la planta.

Palabras clave: Balance de nutrientes, biomasa, ciclaje , extracción, *Ilex guayusa*.

ABSTRACT

This research addresses a fundamental issue for the agroecological management of guayusa (*Ilex guayusa* Loess), a promising species for the Amazon bioeconomy. The study aims to elucidate the nutritional status of guayusa in commercial plantations and to envision eventual scenarios of the impact on the nutrient balance that could result from the repetitive extraction of the foliage with the commercial harvest of leaves and, consequently, of the green branches. The survey of tree biomass, mulch and soils, as well as their chemical analysis, allowed inferring the following: (a) the aerial biomass of guayusa contains much greater quantities of nutrients than those evidenced by the soil analysis for assimilable elements; (b) root development, despite the repetitive cutting of the aerial biomass is continuous and reaches significantly larger dimensions than the aerial parts; (c) the cycling of biomass in the plantation through the soil should provide a sufficient and continuous base of nutrients, associated with the activity of the microbiota and mycorrhizae characteristic of guayusa. In conclusion, the study does not allow glimpsing nutritional deficiency scenarios of the commercial plantation studied, which is presumably due to the agroforestry system of the Amazonian chakra and the quality of the soils of volcanic origin. The study is novel for the species given that there are more studies of phytochemical components and leaf characterization. In this sense, the results of this research will improve the understanding of the species and provide the basis for improvements in its cultivation to advance in the projection of exports to new markets as an energizing beverage that will require greater mastery of the nutritional management of the plant.

Keywords: Nutrient balance, biomass, cycling, extraction, *Ilex guayusa*.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

Ilex guayusa Loes es una planta autóctona del noroeste de la Amazonia y pertenece a la familia Aquifoliaceae (Franco et al., 2018; Montagnini et al., 2015). Esta familia incluye 600 especies de las que se pueden encontrar 300 especies en el Neotrópico (Dueñas et al., 2016). Según Dueñas et al., (2016) manifiesta que se ha registrado guayusa en altitudes que oscilan entre 200 y 2600 m.s.n.m. La guayusa bajo manejo puede alcanzar una altura promedio de 10 m, mientras que árboles silvestres en el bosque pueden alcanzar alrededor de 25m (Dueñas et al., 2016). La guayusa es una especie dioica, es decir que sus flores masculinas y femeninas se encuentran en individuos separados, por lo que su polinización depende de la coexistencia de árboles masculinos y femeninos en el mismo entorno. La producción de frutos y semillas dependerá de la polinización, por el viento, insectos u otros factores. La formación de sexos favorece la diversidad genética mientras que la reproducción de estacas la limita, y se reproducen sexual y asexualmente (Dueñas et al., 2016). La reproducción sexual, necesita de polinización cruzada. La reproducción asexual, mediante estacas, es decir tallos sin hojas extraídos de la base de la planta madre (Dueñas et al., 2016). Esta planta ha sido, desde tiempo atrás, utilizada por el pueblo Kichwa como una bebida estimulante, lo que se relaciona con su significativo contenido de cafeína (Rocha, 2018). Esta planta es frecuente en las chacras y bosques secundarios de las comunidades amazónicas de la zona de vida Bosque Húmedo Tropical y Húmedo Premontano (Montagnini et al., 2015). Se puede encontrar en diferentes tipos de vegetación como: Bosque siempre verde de tierras bajas, Bosque siempreverde de tierras bajas inundable por aguas blancas, Bosque inundable de palmas de tierras bajas, Bosque siempreverde piemontano y Bosque siempreverde montano bajo (Montagnini et al., 2015). Se ha comprobado que esta planta crece sin ningún problema en el piedemonte Amazónico, desde el norte boliviano hasta el oeste venezolano, especialmente en la provincia de Napo, Ecuador (Montagnini et al., 2015). La provincia de Napo es el mayor productor y exportador de la guayusa en el mundo (Wise & E. Santander, 2018a).

La guayusa es una planta muy especial para la nacionalidad Kichwa amazónica, aprovechándose de forma positiva en ámbitos sociales, económicos y culturales. Actualmente, se mantiene la tradición de consumir la infusión a las 3 am (ceremonia "Guayusa upina") en familia, lo que está relacionado con la conservación de una buena salud, tanto mental como espiritual, e incluso esta bebida se considera fuente de mucha energía para realizar las actividades diarias (Franco et al., 2018).

Desde 2018, se ha estado tramitando la solicitud ante la Unión Europea de declarar a la guayusa como Novel Food, conforme a su legislación comercial, lo que permitiría abrir ese mercado al producto y sus derivados (Wise & Negrin, 2019). Con la finalidad de que el crecimiento de la guayusa en el mercado internacional siga en Europa y en otros países es indispensable considerar la seguridad alimentaria de la guayusa como un nuevo alimento en el mercado (Wise & Negrin, 2019). La empresa Runa, establecida en Archidona, Napo, desde 2008, fue pionera en el abordaje del mercado internacional. La empresa Runa promovió la intensificación del cultivo en la chacra, manteniendo un marco de sistema agroforestal sostenible, pero con enfoque (Montagnini et al., 2015). Se estima que ya desde 2015, la existencia de guayusa supera con creces la demanda del mercado, lo que ha desestimulado la ampliación de las plantaciones; sin embargo, las comunidades Kichwa mantienen la esperanza del despegue del mercado, para lo cual el Estado, la cooperación internacional (GIZ), algunas empresas procesadoras y la Academia realizan esfuerzos coordinados a través del Guayusa Lab (el Laboratorio de Guayusa es un grupo de trabajo interinstitucional de Napo, promovido por la GIZ).

Varias empresas han venido adquiriendo guayusa de centenares de pequeños productores Kichwa para su procesamiento y comercialización internacional, a países como Estados Unidos y Canadá (Montagnini et al., 2015). De este modo, la guayusa mantiene vivo el interés comercial, luego de avanzar desde inicios de este siglo de un uso sin impacto económico, pues las comunidades amazónicas solo la usaban a nivel doméstico, a ser un factor de beneficio económico (Montagnini et al., 2015).

El mercado internacional de la guayusa ha aumentado en los últimos años y, a nivel local, el kilo de hojas frescas de guayusa se comercializa a un costo de 0.35ctvs (Ministerio de Ambiente y Agua, 2020); la relación de húmeda a seca es de 3 a 1 (Información personal de la Asociación Kichwa Wiñak, 2024). Los niveles de exportación son variables, por ejemplo, en el año 2011 la guayusa exportada fue de 21 toneladas, en el 2013 de 256 toneladas, en 2017 de 100 toneladas (Wise & E. Santander, 2018b; Wise & Santander, 2018) y en el año 2020 más de 360 toneladas (Franco & Picón, 2021). Actualmente, las asociaciones Kichwa Kallari, Wiñak y Pueblo Kichwa de Rukullakta de Napo cultivan, procesan y comercializan guayusa, y varias empresas generan infusiones de la misma en Tena y en Quito. La empresa Waikana, por ejemplo, ofrece varias presentaciones en los supermercados desde té hasta bebidas refrescantes (W. Franco, excoordinador del Guayusa Lab: información personal, 2024).

La comercialización sostenible de la guayusa puede llegar a ser una herramienta poderosa de desarrollo económico para las mujeres amazónicas y sus familias (Martillo Chonillo, 2019). La producción de la guayusa en los últimos años se ha ido incrementando notablemente en la región amazónica ecuatoriana, con el propósito de exportar e introducirla a la Sierra y la Costa, debido a las propiedades estimulantes y medicinales que posee la guayusa (Sequeda et al., 2016).

De expandirse el mercado nacional e internacional, el cultivo comercial tendería a aumentar la siembra de guayusa a mayores densidades sobrepasando el nivel actual en todo el país entre 50 a 1000 plantas por ha y, aun cuando genera beneficios a familias de escasos recursos, el desarrollo de la producción y expansión de las plantaciones podría derivar en monocultivos, poniendo en riesgo la sostenibilidad y el carácter orgánico del producto cosechado. Por lo general, los monocultivos presentan implicaciones por mayor contaminación por agroquímicos, degradación del suelo y el agua, pérdida de fertilidad y disminución de la biodiversidad, impactando negativamente la sostenibilidad de la chacra como agroecosistema tradicional (Montagnini et al., 2015).

Los suelos amazónicos, debido al clima, vegetación y sus propiedades poseen contenidos de materia orgánica variables entre 3 y 10%; sin embargo, con la tala del bosque y las labores agrícolas, progresivamente se reduce el contenido de materia orgánica y nutrientes del suelo (Bravo et al., 2017). Es por ello que, al dar comienzo a la producción agrícola, especialmente con fines comerciales, se debe prestar atención a la nutrición de las plantas. *Ilex guayusa,* como cualquier otro cultivo, para su apropiado desarrollo requiere macronutrientes primarios (nitrógeno, fósforo, potasio), macronutrientes secundarios (calcio, magnesio, azufre), micronutrientes metálicos (hierro, manganeso, zinc, cobre, níquel, molibdeno), micronutrientes no metálicos (boro, cloro) y elementos benéficos (sodio, silicio) (Alvarado, 2016).

Las plantas como seres vivos necesitan de componentes esenciales para su debido proceso vital, y cada elemento cumple su función en el desarrollo vegetal. No se ha estudiado aún lo relativo a la nutrición del cultivo de la guayusa en relación a la fertilidad de los suelos, debido a lo reciente de su desarrollo como rubro comercial. Tampoco se ha probado el uso de fertilizantes de origen químico u orgánico en las plantaciones. Como, por ejemplo, abonos orgánicos como los de tipo Bocashi, purines, abonos líquidos, desechos de estiércol, pulpa de café descompuesta, entre otros (Alvarado, 2016).

Estudios fitoquímicos han demostrado que *Ilex guayusa* posee antioxidantes, cafeína y teobromina (Melo, 2014). El potencial de la guayusa radica en estos metabolitos secundarios, pudiendo ingresar al gran mercado de bebidas estimulantes, como el té y el café. Actualmente se realizan esfuerzos por promover la producción y procesamiento de guayusa, especialmente en Napo, a través del Guayusa Lab, una mancomunidad de actores relacionados con la guayusa, entre los cuales se encuentran los productores, la Academia, organismos estatales y la cooperación internacional (W. Franco: comunicación personal, 2024). Un esfuerzo clave en curso es el trámite de ingreso al mercado europeo de la guayusa. De abrirse el mercado europeo a la guayusa, podría iniciarse la ampliación de las plantaciones actuales, estimadas en 700 ha en Napo (Franco et al., 2018).

1.2. Planteamiento del problema

La presente investigación sobre guayusa, aborda el tema del balance de nutrientes en el agroecosistema plantación de guayusa, tema que requiere atención debido al incremento de la importancia económica de la guayusa como bioproducto en la Amazonía ecuatoriana. Este incremento puede poner en riesgo la sostenibilidad de este cultivo, dado el sistema de aprovechamiento periódico y la falta de manejo de las plantaciones. La extracción periódica del follaje, por la demanda comercial, podría llevar al límite las reservas nutricionales del agroecosistema en la Amazonía, donde los suelos son ácidos y de muy baja fertilidad. La carencia de un balance adecuado de nutrientes en el cultivo de guayusa, especialmente debido a la cosecha constante (6-8 meses) de hojas, puede tener impactos significativos tanto en la productividad del cultivo como en los servicios ecosistémicos a largo plazo. *Ilex guayusa* para su debido crecimiento y desarrollo óptimo, requiere de diversidad de nutrientes. La extracción constante de hojas sin la debida reposición de nutrientes puede agotar el suelo, lo que puede resultar una disminución del rendimiento. La falta de nutrientes esenciales como el nitrógeno, potasio, fósforo, azufre, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, y otros, debilita la planta, haciéndola más susceptible a enfermedades y plagas. En cuanto a los efectos de los servicios ecosistémicos, la extracción constante de nutrientes sin la necesaria reposición del suelo puede provocar su degradación, reduciendo su fertilidad y capacidad de retención del agua, y perjudicando no solo el cultivo de guayusa sino también a otras especies vegetales y animales que dependen del mismo ecosistema. La degradación del suelo y la disminución de nutrientes de las plantas, pueden provocar la pérdida de biodiversidad en el ecosistema (Castelán et al., 2017).

La cuantificación de los nutrientes en los diferentes compartimientos del agroecosistema y la determinación del balance nutricional constituye la mejor herramienta para el diagnóstico y la formulación de recomendaciones de manejo. Podría ser necesario reponer cantidades determinadas de algunos nutrientes, para lo cual se tendrían que experimentar alternativas de fertilizantes y dosis. Actualmente, se estima más de 700 hectáreas de cultivo en chacras de centenares de familias, sólo en Napo (Franco et al., 2018).

Por otra parte, la principal vulnerabilidad del cultivo de guayusa es el método de propagación vegetativa (asexual), al reducirse notablemente la variabilidad genética. Técnicos mencionan que el estacado utilizado arroja porcentajes de enraizamiento bajos que varían entre 40 y 60%, y la obtención de estacas enraizadas requiere periodos demasiado largos (Ríos Granizo, 2012). El método hace que las plantas resulten genéticamente idénticas a la planta madre, conduciendo a la implantación de agroecosistemas de guayusa con muy poca diversidad genética, creándose riesgos de menor capacidad de adaptación y de resistencia al impacto de plagas y hongos que pueden aparecer en el futuro; plantas bien nutridas tendrían mayor fortaleza frente a tales eventualidades (Montagnini et al., 2015).

Por otro lado, la domesticación de una planta mediante selección artificial genera condiciones competentes para el desarrollo exitoso de los cultivos. Sin embargo, existen evidencias que afirman que la domesticación de plantas puede perjudicar negativamente la funcionalidad y sostenibilidad de los agroecosistemas, cuando se tornan en monocultivos o usan grandes cantidades de agroquímicos (Montagnini et al., 2015). *Ilex guayusa* tiene dos etapas de domesticación. La primera basada en un cultivo intensificado para fines mágicos y religiosos, y la segunda basada en la comercialización de la planta que exige la siembra de la guayusa a mayores densidades (500 a 1000 plantas por ha), esto puede afectar gravemente la diversidad del agroecosistema en las chacras tradicionales, y comprometer el aprovisionamiento de servicios ecosistémicos (Montagnini et al., 2015).

La medicina tradicional es esencial en la Amazonía y se fundamenta en sustancias generadas naturalmente. Las hojas de *Ilex guayusa*, además de poseer creciente importancia a nivel económico, se utilizan como bebida tipo infusión y en ámbitos medicinales ancestrales. La guayusa se ha convertido en un producto de creciente importancia económica para Ecuador, especialmente en la región amazónica. Su potencial de exportación está en aumento debido a la creciente demanda nacional e internacional especialmente de bebidas y productos naturales con propiedades estimulantes y beneficios para la salud. Existen varias importancias económicas de la guayusa, por ejemplo, el cultivo y procesamiento de guayusa genera ingresos para varias familias de comunidades indígenas y productores, mejorando su calidad de vida. Una de las alternativas para reducir la dependencia de los combustibles fósiles, son los cultivos tradicionales esto diversifica la economía. La guayusa tradicionalmente es usada en poblaciones Kichwa amazónicas como bebida para tener energía durante todo el día (Chiriboga, 2017; Franco et al., 2018).

En cuanto a los contenidos de macronutrientes (N, K, P, S, Ca, Mg) y micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) en las partes de la planta, hojas, ramas, tronco y raíces hay pocos estudios. Por el contrario, sí existen numerosos estilos de caracterización fitoquímica de la especie. Por ejemplo, Melo (2014) realizó análisis fitoquímico de las hojas para determinar la capacidad antioxidante mediante ensayo del poder antioxidante reductor férrico (FRAP, por sus siglas en inglés) y determinó una alta cantidad de cafeína y teobromina mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC). Así mismo, Cadena et al., (2019) reportan que la actividad biológica estudiada mediante extractos de hojas de guayusa mostró variaciones dependiendo de la técnica de extracción y/o solvente/cosolvente aplicado. La comprensión de los umbrales de los compuestos de alto valor de la guayusa como fuente renovable, necesitan más investigación. Cadena et al., (2019) mencionan que aplicando otras técnicas de extracción/solventes o técnicas de análisis se podrá dilucidar con exactitud los compuestos bioquímicos de la guayusa.

En síntesis, es de suma importancia para la sostenibilidad del agroecosistema guayusa determinar el impacto de la extracción del follaje en el ciclaje de la materia orgánica y los nutrientes. Al interrumpirse el aporte de biomasa y nutrientes al suelo a través del follaje, en forma repetitiva pudiera generarse déficit nutricional a mediano y largo plazo (Franco et al., 2018). En caso de un escenario de déficit nutricional en el futuro, es necesario prever medidas de fertilización sin cambiar el carácter orgánico de la plantación.

1.3. Justificación de la investigación

La guayusa, por sus propiedades energizantes y sus contenidos en cafeína, teobromina y antioxidantes, tiene el potencial para avanzar en la conquista de mercados, a nivel nacional e internacional; además, centenares de familias amazónicas cifran sus esperanzas de mayores ingresos a través de la guayusa. Por todo ello, existe una alta probabilidad de expansión como cultivo comercial (Franco et al., 2018). Sin embargo, no existen aún garantías de sostenibilidad para el rubro, pues existe un vacío de información sobre requerimientos nutricionales en condiciones de plantación densa sometida a cortes frecuentes por cosecha (cada 6-8 meses). Por tanto, es necesario, y sería estratégico y preventivo, dilucidar el balance nutricional del agroecosistema guayusa, con el fin de detectar tendencias y recomendar acciones de manejo en procura de sostenibilidad (Franco et al., 2018).

Se requiere más investigación sobre aspectos agroecológicos de la guayusa en condición de cultivo comercial. Actualmente, la superficie del cultivo se estima en 700 ha y, si se requiriera expandir el cultivo a miles de ha, no se tiene definida una estrategia para ello; tampoco se conoce si su cultivo denso en monocultura extendida, como ocurre con el mate y el té, sería viable sociocultural y ecológicamente.

Y dadas las especiales condiciones de vulnerabilidad de los suelos amazónicos, por sus limitaciones en fertilidad, acidez y drenaje, es necesario contar con información nutricional de las plantaciones. Por el especial interés que tienen las hojas para la preparación de infusiones y extractos, se han realizado numerosos estudios de sus componentes químicos complejos y caracterización física (Cadena et al., 2019; Melo, 2014).

En cuanto a vacíos de investigación, es poca o nula la información sobre la biomasa en hojas, ramas, tallos. raíces y mantillo forestal en plantaciones de guayusa, y más aún, sobre su composición química elemental, fundamental para estimar los requerimientos nutricionales y estimar el balance en nutrientes clave del agroecosistema bajo manejo comercial.

Por otra parte, según la información provista de la comunidad PKR (Pueblo Kichwa de Rukullakta) que abastece al mercado local de guayusa (emprendimiento propio de PKR, empresa Runa y otros clientes), la extracción o cosecha del follaje de la especie cada 6 o 8 meses se realiza mediante los siguientes pasos:

1. Corta de la totalidad de la copa del arbusto a una altura de 0,5 a 1,0 m, la que normalmente está conformada por rebrotes de ramas verdes y follaje que, desde la corta anterior, pueden alcanzar de 2 a 4 m de altura;
2. Deshojado de las ramas verdes en el sitio;
3. Extracción de las hojas consumibles y desecho de las no consumibles;
4. Colocación de las ramas verdes y troncos en un sitio de compostaje, para luego aplicar como biofertilizante en la plantación.

Este método de cosecha tiene varias implicaciones para el cultivo de la guayusa, especialmente en relación con su nutrición: a) salida repetitiva de nutrientes del agroecosistema a través del follaje, ramas verdes y troncos; y b) incorporación al mantillo orgánico del suelo de las hojas no extraídas por falta de calidad comercial, además de material orgánico de especies acompañantes en la chacra.

Las hojas no aptas para el consumo provienen de plantas creciendo por más de 18 meses sin cosecha, y son senescentes o están cubiertas de algas o líquenes. De cosecharse regularmente (a los 6 u 8 meses) la proporción de hojas afectadas es mínima (estimable en menos del 5%). Otra implicación es el retorno de nutrientes a la plantación mediante el mantillo orgánico y el aporte en ramas y troncos compostados (Información personal de productores de producción de guayusa de PKR, 2024).

En ese contexto, debe considerarse que la guayusa, al ser una especie arbórea amazónica, está adaptada a las condiciones locales y es menos vulnerable a eventuales ataques de plagas y enfermedades; además, es apta a ser integrada en sistemas agroforestales o chacras, un sistema agroecológico de producción social y económicamente beneficioso (Krause & Ness, 2017). Su condición de nativa amazónica viabiliza y potencia el cultivo y la comercialización de la guayusa. Asimismo, su manejo por las culturas Kichwa y Shuar le da una especial connotación sociocultural y, junto con el cacao y la vainilla, conforma la conexión económica actual de los agricultores indígenas de la Amazonía ecuatoriana con el mercado nacional y global (Franco et al., 2018). Científicos y profesionales afirman que las prácticas agroforestales (como en la que se desarrolla la planta de guayusa), en lugar de monocultivos, pueden disminuir ciertos impactos del cambio climático, incrementar la seguridad alimentaria y la nutrición, y reducir la vulnerabilidad a las plagas, especialmente para los pequeños agricultores en los países en desarrollo (Krause & Ness, 2017). La guayusa es un producto de gestión alternativa con sostenibilidad y representa una iniciativa familiar para preservar servicios ecosistémicos, siempre y cuando se cumplan criterios estrictos que determinen impactos sociales y ambientales. Sin embargo, es necesario encontrar más evidencias sobre la producción comercial de guayusa como fuente de beneficios ecológicos y sociales. *Ilex guayusa* ha demostrado ser un cultivo valioso para mejorar las prácticas agrícolas en los sistemas agroforestales amazónicos, ofreciendo beneficios tanto ecológicos como socioeconómicos. Por ejemplo, la diversificación de cultivos, donde la guayusa se adapta de la mejor manera a sistemas agroforestales con diferentes cultivos.

Por otro lado, la guayusa contribuye a la acumulación de materia orgánica especialmente en el suelo, lo hace que su estructura, capacidad de retención de agua y su fertilidad se mejore, además genera ingresos sostenibles, ya que la demanda de mercados a nivel mundial va en aumento. Esta especie con sistemas agroforestales contribuye a la conservación de la biodiversidad para una variedad de hábitats.

1.4. Preguntas de investigación

¿Qué cantidad de macro y micro nutrientes se extraen del ecosistema con la cosecha del follaje en las plantaciones comerciales de guayusa en la chacra Kichwa de la comuna PKR, cantón Archidona, y a cuánto asciende la reserva en el suelo y el mantillo orgánico?

1.5. Hipótesis

Ho: La extracción comercial periódica del follaje en plantaciones de guayusa no afecta la sostenibilidad de la producción de las plantaciones.
Ha: La extracción del follaje en plantaciones comerciales de guayusa regularmente puede colocar en riesgo el balance de nutrientes en el agroecosistema a mediano plazo, afectar su productividad y aumentar su vulnerabilidad a eventos climáticos o biológicos y, por ende, generar la necesidad de fertilización, práctica no contemplada hasta ahora.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. General

Evaluar la exportación de macro y micro nutrientes con la cosecha del follaje y estimar su impacto en el balance nutricional en plantaciones comerciales de guayusa, de la comunidad Pueblo Kichwa en Rukullakta, cantón Archidona.

1.6.2. Específicos

- Evaluar las reservas de nutrientes en la plantación comercial de guayusa, incluyendo las partes aéreas, las raíces, el mantillo orgánico y el suelo.
- Determinar la extracción periódica de nutrientes con la cosecha del follaje en el agroecosistema guayusa.
- Determinar el balance de nutrientes y formular las recomendaciones pertinentes.

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1. Área de Estudio

La investigación se realizó en plantaciones de guayusa del Pueblo Kichwa de Rukullakta (PKR), comunidad Tambayacu, a 620-640 msnm, en el cantón Archidona, Napo (Ministerio de Ambiente y Agua, 2020) (Figuras 1 y 2). El clima se caracteriza por una temperatura media anual de 22.9°C y una precipitación de 4.175 mm al año, condición climática que origina el bosque siempre verde montano bajo (Gad Parroquial San Pablo de Ushpayacu, 2023). La altitud va desde 600 hasta 1.240 m.s.n.m (Ordoñez et al., 2022). Entre las actividades económicas destacan, agricultura y comercio de productos cultivados en la zona (guayusa, cacao, café, etc.).

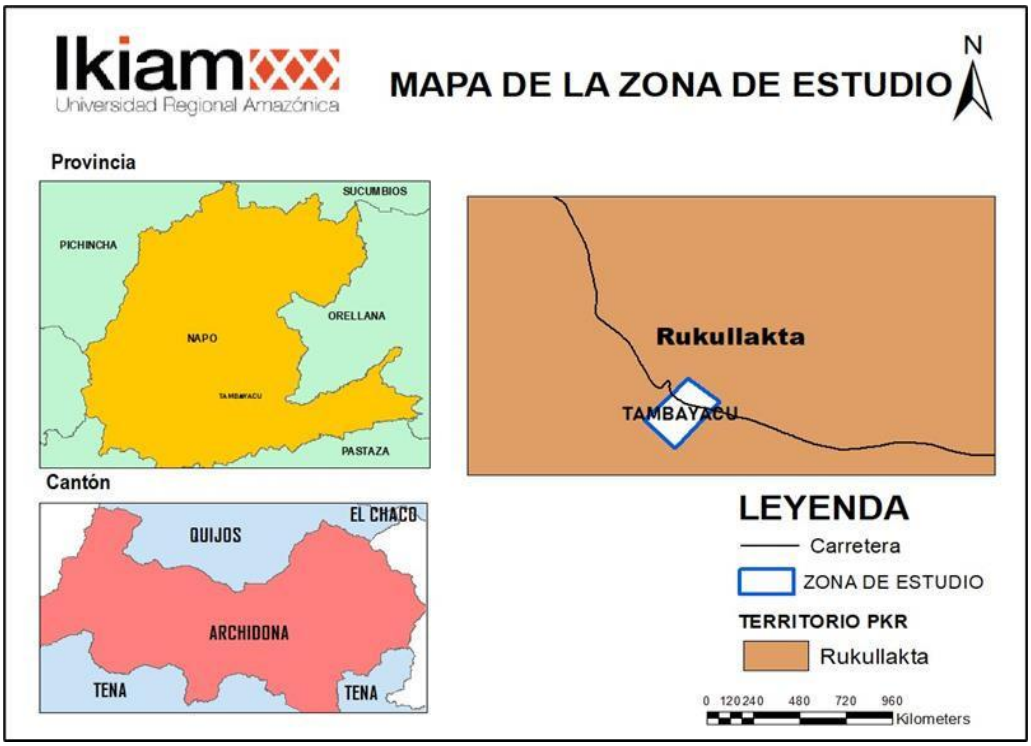


Figura 1. Localización del área de estudio en el cantón Archidona, Napo.

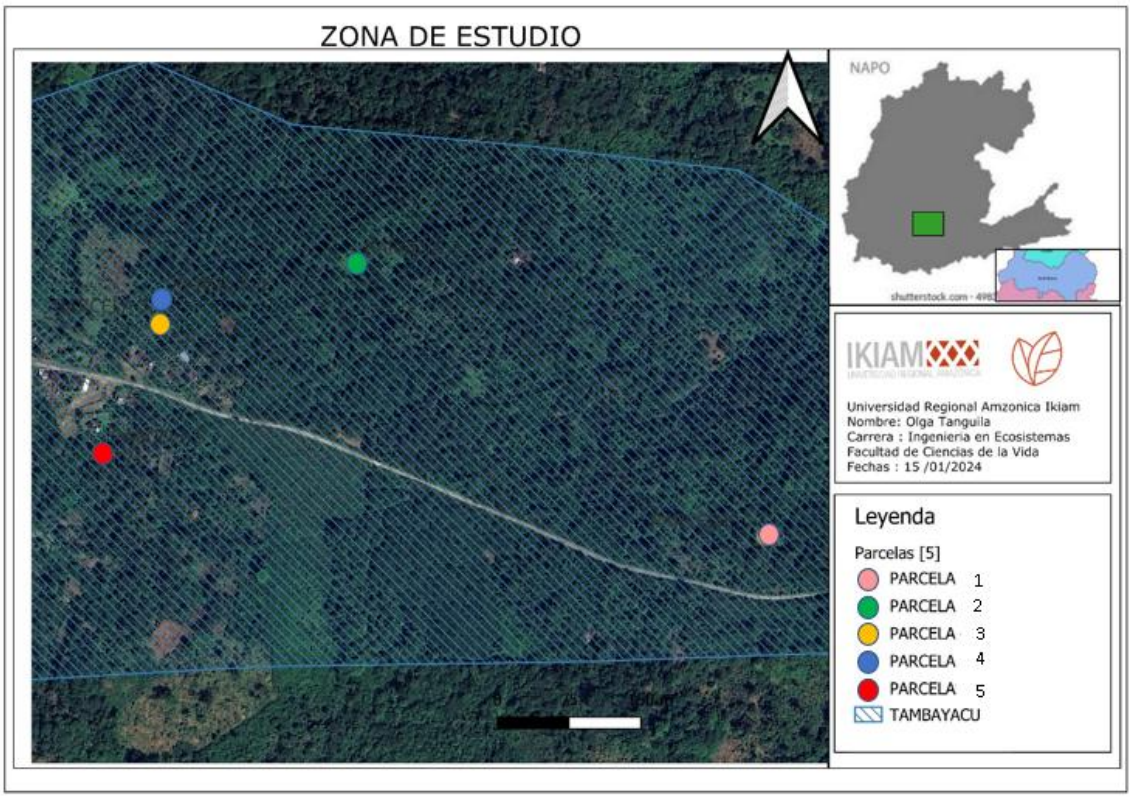


Figura 2. Localización de las parcelas en Tambayacu, comuna Pueblo Kichwa Rukullakta, parroquia San Pablo de Ushpayacu, cantón Archidona, Napo. Fuente: Elaboración propia.

2.2. Permiso del MAATE

Para esta investigación se tiene el permiso del MAATE, enmarcado en la recolección de tejidos vegetales y suelos con fines de análisis químicos, con el contrato marco de acceso a recursos genéticos: MAATE-CMARG-2023-0017. Además, este contrato tiene un ámbito delimitado en el proyecto de caracterización fitoquímica de extractos de especies medicinales y comestibles de la Amazonia en las provincias de Napo y Pastaza, autorizado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica bajo el número: MAATE-DBI-CM-2023-0310. Los análisis químicos de muestras vegetales y de suelos contaron con el financiamiento por parte del programa Biovalor de la Cooperación Técnica Alemana (GIZ, por sus siglas en alemán), el cual cubrió los costos de 16 muestras vegetales y 8 de suelo. La preparación y envío de las muestras se ajustó al presupuesto disponible.

2.3. Metodología

2.3.1. Antecedentes sobre la metodología

Los tres objetivos específicos del estudio requieren de la determinación de la biomasa y de las concentraciones de elementos químicos en los diferentes compartimientos del agroecosistema: copas (hojas, ramas verdes), troncos y raíces, y, asimismo, las reservas de nutrientes en el mantillo forestal y en el suelo.

La determinación de biomasa se puede realizar en forma directa o destructiva, es decir, cosechando y pesando los componentes del agroecosistema, o en forma no destructiva mediante fórmulas alométricas preexistentes o a ser desarrolladas.

Las relaciones alométricas son herramientas fundamentales en la ecología forestal para estimar la biomasa de los árboles de manera no destructiva, basándose en variables fácilmente medibles como el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total del árbol. En los bosques tropicales, la diversidad de especies y estructuras arbóreas requiere el desarrollo de ecuaciones alométricas específicas para diferentes contextos.

Estas ecuaciones permiten estimar la biomasa aérea total a partir de mediciones de campo, facilitando la evaluación de la productividad forestal y el almacenamiento de carbono. Por ejemplo, estudios en plantaciones tropicales han generado modelos alométricos que relacionan el diámetro del tronco a 1.3 m de altura (DAP) y la altura total del árbol con la biomasa aérea, proporcionando estimaciones precisas adaptadas a las condiciones locales (Picard et al., 2012; Reyes et al., 2021).

Actualmente, no se dispone de ecuaciones alométricas específicas publicadas para *Ilex guayusa*. Dada la creciente importancia de esta especie en la bioeconomía amazónica, sería interesante desarrollar modelos alométricos precisos para estimar su biomasa, lo cual no está contemplado en este estudio. Sin embargo, mediante la combinación del levantamiento o inventario forestal convencional, adaptado a la guayusa, y determinaciones con métodos destructivos en muestras representativas de árboles de guayusa, se obtuvo datos empíricos que permitieron construir modelos, mediante la aplicación del software R, y que permitieron estimar la biomasa a partir de los datos del inventario convencional.

2.4 Diseño experimental

El enfoque del estudio se basó, por una parte, en el inventario de parcelas de guayusa en plantaciones comerciales (parámetros dasonómicos de fácil obtención) y, por la otra, en la determinación de parámetros de la biomasa y elementos nutrientes en árboles seleccionados al azar en cada parcela (parámetros cuya obtención exige alto esfuerzo y costo); éstos fueron obtenidos en árboles cosechados diferenciando peso húmedo y seco por compartimientos: hojas, ramas verdes, troncos leñosos y raíces, así como las concentraciones de elementos. Del mismo modo, se determinó la biomasa y nutrientes en el mantillo orgánico y los contenidos de elementos asimilables en el suelo explorado por las raíces de guayusa.

2.5. Métodos de estudio en campo

La metodología utilizada integró: a) el inventario de parcelas de 20 árboles en plantaciones de guayusa, con las respectivas mediciones dasométricas o dasonómicas; b) cosecha de 4 árboles seleccionados al azar en cada parcela (1 de cada 5), determinando el peso seco de la totalidad de las hojas, ramas y troncos; y c) toma de muestras de cada componente de la planta (hojas, ramas verdes, troncos y raíces. En el caso de hojas, se cosechó en cada uno de los 20 árboles, la totalidad de las mismas y se pesó en húmedo, luego se tomaron 4 muestras de 100 hojas por árbol para determinación de contenido de humedad, valor empleado en la determinación del peso total de hojas por árbol. También se contó el número de hojas existentes en algunas ramas verdes por metro longitudinal, obteniendo un promedio. Las ramas verdes se pesaron en su totalidad por árbol y se llevó una muestra compuesta al laboratorio para determinación de humedad y así del peso seco total. En el caso de troncos se determinó su volumen por árbol y se tomaron secciones de 10 a 15 cm de largo y 5 a 12 cm de diámetro para obtención de la densidad y de esa forma calcular la biomasa (Figura 3). Para ello se siguió los criterios de evaluación de Alva-Abanto (2020). Asimismo, en cada parcela se tomaron al azar cuatro muestras de mantillo orgánico, el cual fue secado y pesado en laboratorio.

Figura 3. Cosecha y pesado de hojas, ramas verdes y troncos leñosos en plantaciones de guayusa de PKR, cantón Tena, Napo.

Utilizando el software R (cor.test) se definieron las relaciones, con base estadística, entre los parámetros del estudio de biomasa en los 20 árboles (peso fresco y seco de las hojas y las ramas verdes), y el inventario dasométrico en 100 árboles, lo que permitió estimar la biomasa en todos los árboles de las parcelas (Anexo: Análisis estadísticos).

Adicionalmente al inventario de biomasa aérea, se extrajo el sistema radical completo de tres árboles de guayusa, seleccionado uno por cada clase de tamaño: grande, mediano y pequeño, entre los 20 árboles cosechados. Los árboles correspondieron a las parcelas 1, 3 y 5: el árbol más pequeño (2,10 m de altura), el árbol más grande (4,80 m de altura) y el árbol promedio (2,80 m de altura). De los tres sistemas radicales se obtuvo sus dimensiones, profundidad, peso y patrón de desarrollo. Además, antes del descubrimiento y extracción del sistema radical completo, se colectaron 3 muestras volumétricas de raíces finas por árbol, de 0-10 cm y de 10-20 cm de profundidad, utilizando un marco de acero de 25x25x12 cm (7500 cm3); este método permite cuantificar la existencia de raíces finas y muy finas en el suelo. La observación del perfil de suelo evidenció que las raíces finas están concentradas en su mayor proporción de 0 a 20 cm de profundidad.

2.5.1. Establecimiento y levantamiento de parcelas

El estudio se realizó en 5 chacras con producción comercial de guayusa, donde se estableció y georreferenció una parcela por cada chacra para un total de 5 parcelas, previo consentimiento del propietario. La selección de las chacras se realizó según la siguiente línea base: i) la superficie plantada debía ser de 1/2 ha o más; ii) la plantación debía haber sido establecida entre 2008 y 2012 (edad de pleno desarrollo), y haber sido cosechada 3 o más veces, siendo la última cosecha en 2022 o 2023. Una vez obtenida la aprobación de los propietarios, se establecieron y las parcelas.

Luego, se realizó el inventario de los veinte árboles de cada parcela, el cual incluyó las siguientes variables dasonómicas: a) altura total y circunferencia de todos los troncos o brotes leñosos a 10 cm de altura sobre el suelo; b) número de brotes o ramas verdes según posición en los troncos leñosos (abajo: en la base del tronco; arriba: a lo largo del tronco) y contaje del número de hojas en algunas ramas; c) altura total de la planta utilizando una vara graduada de 3 m de largo; y d) diámetros E-W y N-S de la copa proyectada al suelo. Con estos datos se calculó el área basal Ab=R^2*π y volumen de los troncos leñosos (madera) (V=Ab*longitud de tallos). Para obtener el volumen de la copa se utilizó el área basal de la proyección al suelo de la copa y la altura total y, una vez obtenido el volumen del cilindro se ajustó mediante el factor mórfico 0,7 (V = Ab x H x 0,7). Este factor resultó de comparar un rectángulo de 2 x 1 m con una serie de árboles mediante fotografías (Figura 4).

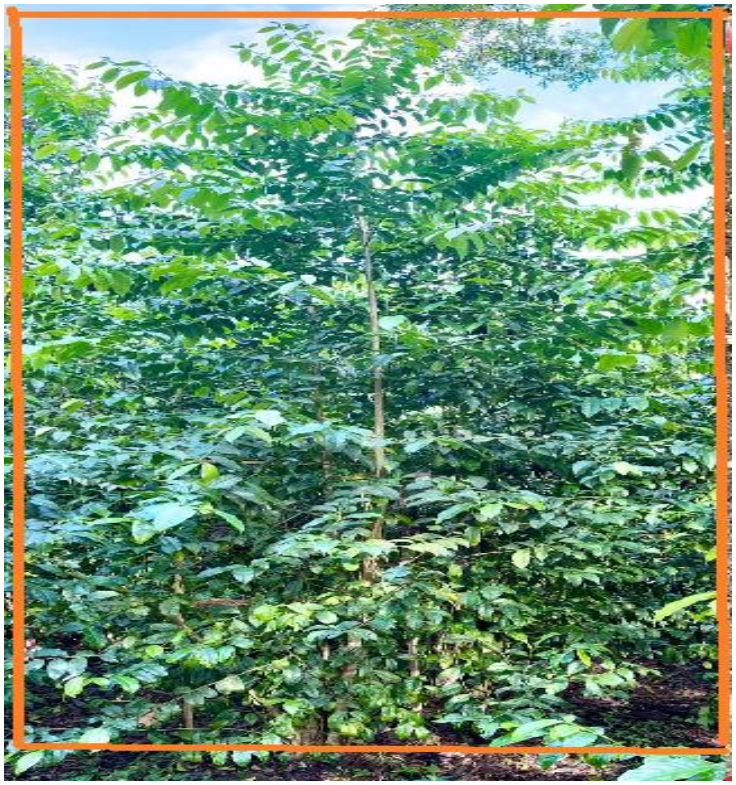


Figura 4. Copa del árbol de guayusa y estimación de la proporción que ocupa en un cilindro definido por la altura y la proyección de la copa al suelo.

La copa creada por los rebrotes en menos de un año cubre entre 60 y 80% el rectángulo según el desarrollo del árbol. Para este estudio se asumió un factor mórfico de 0,7 en el cálculo del volumen de la copa (V= AB x H x 0,7).

Asimismo, se contó en campo el número de ramas verdes (brotes) diferenciando su posición en los troncos leñosos y estimando su longitud comparando con la altura total del árbol (Fonseca González, 2017). Vale destacar que la corteza de la guayusa es muy delgada, variando entre 0,5 y 1,5 mm, por lo que su proporción respecto al volumen del tronco leñoso, según las mediciones realizadas en las secciones transversales, es muy baja.

Figura 5. Árbol 5 de la parcela 1.

El árbol 5 de la parcela 1 de guayusa, 12 años de plantado, cosechado por última vez en junio de 2023. Se observan los rebrotes y hojas de 8 meses, que conforman una copa de 2,5 m de altura. Fecha de inventario febrero 2024. (En la foto el Sr. Carlos Shiguango, propietario de la chacra).

El estudio de las raíces permitió describir la forma y dimensión del sistema radical de la guayusa. Para ello se extrajo todo el sistema radical excavando cuidadosamente alrededor del árbol hasta dejarlo totalmente al descubierto (Figura 6). Las raíces laterales gruesas (más de 2 cm de grosor) fueron numeradas, medidas en su longitud, determinada su profundidad y la presencia de ramificación vertical; cuando la hubo, se midió la distancia de origen y la profundidad alcanzada. En el tocón se verificó la presencia o ausencia de raíz pivotante. Las raíces gruesas fueron cortadas desde su origen en el tocón y extraídas completas con toda su ramificación, lavadas y escurridas, luego se pesó cada una en fresco en la balanza colgante, para esto se cortaron por ramificación (en secciones debido a que es muy pesado), también se usó una cuerda para atarlas y se pesó directamente en la balanza colgante, para luego sumar sus pesos y obtener el peso total de raíces (Figura 7). Esto se pesó con una balanza colgante de capacidad 20kg/44lb.

Figura 6. Sistema radical al descubierto del árbol # 5 parcela 1.

El área cubierta es de aproximadamente 12 m2 (3,5 x 3,3). Cada raíz gruesa fue medida, separada y pesada. Se tomaron muestras para determinación de humedad (%) y contenidos químicos.

Figura 7. Raíces gruesas pesadas en una balanza colgante.

La extracción de raicillas (y suelo) en moldes de 7500 cm3 se realizó en tres puntos cardinales norte, sur y este a 1,5 m de distancia del tocón del árbol cuya raíz sería extraída. Las muestras de suelo de 0-10 cm de profundidad y las muestras de 10-20 cm se extrajeron por separado, y debidamente etiquetadas. Esto se realizó en tres parcelas Las muestras volumétricas de suelo de 0-10 y 10-20 cm de profundidad fueron llevadas al invernadero de la Universidad Regional Amazónica Ikiam para secado al aire durante 3 días. Seguidamente, se procedió a extraer las raicillas tamizando el suelo en malla fina (1 mm). Ya obtenidas estas raicillas, las mismas fueron lavadas para eliminar restos de tierra adheridos, luego fueron secadas en estufa y pesadas en su totalidad. (Figura 8).

Figura 8. A: Extracción de raíces finas en un volumen de 7.500 cm3 de 0-10 y 10-20 cm. B: Extracción de las raicillas mediante tamizado doble.

La cuantificación del mantillo orgánico se realizó mediante el muestreo aleatorio en 4 puntos por parcela; para ello se dividió la plantación en cuadrantes y se utilizó un marco de 1 m2. El mantillo orgánico fue tomado en las parcelas (2,3,4,5). (Figura 9). El mantillo se pesó en húmedo y se tomaron muestras para su procesamiento en laboratorio (peso seco y análisis químico).

Figura 9. Mantillo orgánico en lotes de guayusa.

El mantillo orgánico en la chacra Kichwa productora de guayusa, se enriquece con el aporte de material orgánico de la propia guayusa y de las especies acompañantes (guaba, cacao, balsa, maderables y frutales).

En síntesis, la metodología aplicada permitió el inventario de 100 árboles de guayusa y de la determinación de biomasa aérea por compartimientos de un total de 20 árboles; complementariamente, se estudió y se determinó la biomasa del sistema radical de 3 árboles (incluyendo raíces finas) y se realizó el muestreo del mantillo orgánico y el suelo.

2.5.3. Determinación de las propiedades de los suelos y sus propiedades físicas y químicas

El suelo se muestreó de 0-10, 10-20, 20-40 y 40-60 cm en tres parcelas (1,3,5); las muestras de suelo fueron etiquetadas y secadas al aire. Seis muestras mixtas fueron enviadas al laboratorio de suelos del INIAP Sacha, ubicada en la Estación Experimental Central de la Amazonía, en el cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana, para las determinaciones químicas. Para la determinación de densidad aparente en las parcelas (1,2,3,4,5) se tomaron puntos al azar y con pequeños moldes metálicos (volumen de 100 cm3) se extrajeron 4 muestras volumétricas de suelo por profundidad (0-10, 10-20, 20-40, 40-60 cm) por parcela. Una vez insertado y extraído el molde del suelo se enrasó las muestras cortando cuidadosamente con una navaja el suelo sobrante por encima y debajo, para obtener muestras no disturbadas de volumen exacto; las cuales fueron llevadas al laboratorio la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para obtención del peso seco y la densidad aparente (Agostini et al., 2014; Fonseca González, 2017).

2.6. Métodos de estudio en laboratorio

2.6.1. Procesado y preparación de muestras de material vegetal

2.5.1.1. Hojas

Las muestras de los árboles de guayusa cosechados (hojas, ramas verdes, troncos, raíces y mantillo orgánico) fueron llevadas al laboratorio de biomasa de Ikiam. Allí, las muestras fueron lavadas para eliminar cualquier impureza eventual. En primer lugar, las 4 muestras de 100 hojas por árbol cosechado para biomasa (en total 16 muestras por cada una de las 5 parcelas) fueron puestas separadas en el equipo deshidratador a una temperatura de 40° C por 4 días (esas mismas muestras fueron destinadas a análisis químicos). Luego, a las hojas se las volvió a pesar en una balanza electrónica modelo LS-HKD, para obtener el peso seco y determinar el peso seco promedio de una hoja (a partir de las 80 muestras de 100 hojas). Posteriormente, para enviar las muestras para análisis químicos, se les molió con una trituradora de hojas y se preparó un total de 5 muestras mixtas (una por parcela) de 150 gramos de material vegetal de hojas finamente molido y debidamente guardadas y etiquetadas en fundas plásticas.

2.6.1.2. Ramas verdes (Brotes)

Las muestras de ramas verdes fueron pesadas en húmedo en una balanza electrónica, luego colocadas en el deshidratador a una temperatura de 40° C durante 4 días y, finalmente, pesadas en seco. Para análisis químicos, se molió primero con un molino manual y luego en uno eléctrico, dada la constitución fibrosa y resistente del tejido. Se prepararon 3 muestras mixtas para su envío al laboratorio INIAP.

2.6.1.3. Troncos leñosos y corteza

Las muestras de las rodajas de troncos se pesaron en húmedo en una balanza electrónica modelo RAD WAG. Seguidamente, se colocaron en el deshidratador a una temperatura de 60°C por 4 días para pesar y obtener el peso seco. El volumen se determinó por desplazamiento de agua en un cilindro graduado y así se determinó la densidad de la madera, asimismo, se calculó el peso seco total de los troncos medidos en campo por árbol cosechado. Para análisis químicos se obtuvo muestras de madera finamente preparada en carpintería. Se conformaron muestras mixtas sin corteza para análisis de laboratorio. La corteza obtenida de los troncos también fue triturada (en licuadora) y enviada para análisis.

2.6.1.4. Raíces

Las raíces extraídas de los árboles de las parcelas 1, 3 y 5 fueron pesadas en su totalidad, seccionando una por una las raíces gruesas (peso húmedo). Luego se tomaron muestras de raíces gruesas, medianas y finas y se pesaron en húmedo en una balanza electrónica. Luego del secado en el deshidratador a una temperatura de 60° C por 4 días, se obtuvo el peso seco y con ello el contenido medio de humedad (%) para calcular el peso seco de toda la raíz. Para análisis químicos se trituraron las raíces y raicillas según su tamaño (1-3mm y <1mm) y se enviaron al laboratorio (Laboratorio de suelos del INIAP Sacha de la Estación Experimental Central de la Amazonía), muestras compuestas de las parcelas 1, 3 y 5.

2.6.1.5. Mantillo orgánico

Las muestras de mantillo orgánico colectadas se pesaron en húmedo en la balanza electrónica, luego se pesaron muestras para determinación de contenido de humedad y secadas en el deshidratador a una temperatura de 60 ° por cuatro días. Con ello se calculó el peso seco de las muestras completas de mantillo y se obtuvo muestras trituradas en licuadora para análisis de laboratorio.

2.6.2. Procesado y preparación de muestras de suelo

Todas las muestras, tanto las 16 muestras de tejido vegetal (hojas, ramas verdes, troncos, corteza, raíces y mantillo orgánico), como las 8 de suelo, fueron enviadas para análisis químicos al laboratorio del INIAP-Sacha.

2.6.3. Análisis químicos a las muestras de tejidos vegetales

Para los análisis químicos de biomasa se siguieron los procedimientos de rutina del laboratorio del INIAP. Los análisis químicos previstos incluyeron contenidos de macronutrientes (Nitrógeno, Potasio, Fósforo, Azufre, Calcio, Magnesio) y micronutrientes (Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro). Los análisis de rutina se procedieron con el método Kjeldahl) que se utilizó para la determinación del contenido de nitrógeno muestras orgánicas e inorgánicas, siguiendo las tres fases de digestión, destilación y valoración; P y B (colorimetría); S (turbidimetría); la determinación de K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn por espectrofotometría de absorción atómica (INIAP, reporte de resultados tejidos vegetales, 2025).

2.6.4. Análisis de las muestras de suelo en el laboratorio

Los métodos del análisis del suelo son los de la rutina de la Red de Laboratorios del Ecuador, los cuales incluyeron: N-NH4 y P (colorimetría), con el extractante Olsen; K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn (absorción atómica) con el extractante Olsen; S (turbidimetría) con el extractante Fosfato de Ca Monobásico; B (colorimetría) con el extractante Fosfato de Ca Monobásico; PH (potenciométrica) con el extractante suelo: agua (1:2,5). (INIAP, reporte de resultados suelos, 2025). Los análisis químicos de todos los componentes del agroecosistema guayusa se incluyeron macronutrientes (Nitrógeno, Potasio, Fósforo, Azufre, Calcio, Magnesio) y micronutrientes (Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro).

2.7. Aplicación del software R

El procesamiento de los datos del inventario (100 árboles) y de las determinaciones de biomasa (20 árboles), una vez completado, sirvió de base para la aplicación del software R para calcular el número total y peso seco de las hojas y ramas verdes en cada uno de los 100 árboles inventariados. En el anexo (Apartado final) se presenta el informe del procesamiento de los datos con el software R.

Modelo encontrado para el número de hojas por árbol:

$$\widehat{Nro.hojas} = 1.8370 + 0.334 * LONG.RAMAS$$

Este valor se multiplicó por el peso seco promedio de 1 hoja, obtenido de 80 muestras de 100 hojas. De esta manera se obtuvo la estimación del peso seco de las hojas de los 100 árboles.

Modelo encontrado para peso seco de las ramas verdes por árbol:

$$\widehat{PSTR} - 0.3275 + 4.90510^{-04} * N_leaf$$

La aplicación del modelo a los 100 árboles permitió obtener el peso seco de las ramas verdes de los 100 árboles inventariados.

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

3.1. Resultados del inventario en las parcelas de guayusa

Se obtuvo información sobre las plantaciones donde se establecieron las parcelas. La mayoría de las plantas de guayusa fueron sembradas en 2011 y su última cosecha fue en junio del año 2023, con lo cual las plantas tenían una edad de 12 años al momento del inventario. Y desde la última cosecha, el rebrote de ramas verdes y hojas correspondió a alrededor de 8-10 meses hasta la realización del inventario de este estudio (mayo 2024).

3.1.1. Datos dasonómicos de las 100 plantas.

Los datos dasonómicos obtenidos en campo de las 100 plantas de guayusa se presentan en el anexo A y en la Tabla 1 una muestra de 5 árboles de la parcela 1, a manera de ilustración sobre los resultados. Los datos incluyen: a) circunferencia y longitud de troncos leñosos (los que permanecen luego de cada cosecha, normalmente con menos de 1 m de altura); b) longitud de ramas verdes diferenciando número de ramas verdes en la base de los troncos y arriba (rebrotes luego de la cosecha de altura variable); c) altura total de la planta; d) diámetros E-W y N-S de la copa proyectada al suelo, e) observaciones.

Tabla 1. Datos dasonómicos resultantes del inventario en 5 parcelas en plantaciones de guayusa, de 12 años de edad y 8-10 meses de última cosecha, en PKR, cantón Archidona, Napo.

Parcelas	Plantas	Circunferencia Tallos (cm)	Longitud tallos (cm)	# Ramas verdes arriba	# Ramas verdes abajo	Altura total (m)	Diámetro 1 copa (m)	Diámetro 2 copa (m)	Observación
1	Planta 1	41,2	36	4	11	2,70	1,30	1,30	Plantación media ha 3 x 3 m, 500 plantas de guayusa sembradas. Especies acompañantes: cacao, guaba.
		24	130	9					
		1	108	7					
		1	77	5					
	Planta 2	31	79	8	3	2,20	1,10	1,10	
		15	98	6					
		1	93	2					
	Planta 3	32	53	2	4	1,95	0,97	1,13	
		12	96	4					
		1	149	3					
		1	120	3					
	Planta 4	44	58	8	9	2,60	1,24	1,94	
		45	133	9					
		13	183	7					
	Planta 5	30	25	3	7	2,10	1,10	1,55	
		32	42	2					
		20	96	5					
		13	154	4					
		12	140	4					
		40	111	3					
		17	90	4					
		23	30	4					
		11	83	3					
		10	118	3					
		45	50	3					
		3	30	2					

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Área basal y volumen de los tallos leñosos

Se calculó el área basal y volumen de los troncos leñosos (madera) a partir de los datos de circunferencia y longitud y las fórmulas: Ab=R^2*π y V=Ab*longitud de tallos Los datos completos se observan en el Anexo B y una muestra ilustrativa en la Tabla 2.

Tabla 2. Área basal y volumen de los tallos leñosos.

	Circunferencia (cm)	Diámetro (cm)	Radio (cm)	Área Basal (cm2)	Total área basal (cm2)	Longitud tallos (cm)	Volumen cilindro (cm3)*
Planta 1	41,2	13,11	6,56	135,08	181,07	36	4862,81
	24	7,64	3,82	45,84		130	5958,76
	1	0,32	0,16	0,08		108	8,59
	1	0,32	0,16	0,08		77	6,13

Fuente: Elaboración propia.

*Al ser cortos los tallos leñosos mantienen una configuración muy aproximada al cilindro.

3.1.3. Área basal y volumen de la copa

Se calculó el área basal y volumen de la copa (se observa una muestra en la Tabla 3 y los datos completos en el Anexo C) a partir de los diámetros y la altura de la copa utilizando las mismas fórmulas de área basal y volumen ya indicadas, aplicando factor mórfico 0,7, ya que el volumen de la copa no se corresponde con el de un cilindro: Vol = Ab x H x 0,7. La Tabla 3 muestra que el diámetro medio de la copa está entre 1,05 a 2,1 m, mientras que la altura de los árboles varió entre 1,95 y 3,25 m. El área basal de las copas permite inferir la ocupación del espacio por la guayusa. Los 20 árboles de la parcela a 3x3 m de distanciamiento ocupan una superficie total de 180 m2. La parcela 1 tiene una suma de área basal de todas las copas de 41,15 m2, lo que significa que las copas sólo ocupan, aproximadamente, el 25% de la superficie disponible, lo que se correlaciona con el corto período de brote y desarrollo desde la última cosecha del follaje (10 meses).

Esto permite asumir que, si esta plantación transcurriera 4 años sin cosecha del follaje, las copas cubrirían la totalidad del área, con lo cual la competencia a nivel de copas (y raíces) en la plantación podría reducir la productividad. La parcela 4 tiene el área basal más alta (110,58 m2), es decir, ya ocupa casi 2/3 partes del área disponible, por lo que es de esperar que en menos de un año sin cosechar alcanzaría la cobertura total de la parcela. Similarmente, el volumen de la copa, al ser función del área basal y la altura, atiende al mismo razonamiento. Los altos valores de área basal, como en las parcelas 3, 4 y 5 determinan mayor volumen de copa. En general, la copa creada por los rebrotes en menos de un año cubre entre 60 y 80% del cilindro (volumen) proyectado desde la base de la copa hasta la altura máxima del árbol. Este resultado permite recomendar la cosecha de las hojas anualmente (cada 12 meses), como plazo más eficiente y productivo.

Tabla 3. Área basal y volumen de la copa de los 20 árboles de la parcela 1.

Plantas	Diámetro medio de copa	Radio (m)	Área basal copa (m2)	Altura total (m)	Volumen cilindro (m3)	Volumen copa fm 0,7 (m3)
1	1,30	0,65	1,33	2,70	3,58	2,40
2	1,10	0,55	0,95	2,20	2,09	1,40
3	1,05	0,53	0,87	1,95	1,69	1,13
4	1,59	0,80	1,99	2,60	5,16	3,46
5	1,33	0,66	1,38	2,10	2,90	1,94
6	1,54	0,77	1,86	2,50	4,66	3,12
7	1,51	0,75	1,78	2,25	4,00	2,68
8	1,84	0,92	2,64	3,25	8,59	5,76
9	1,72	0,86	2,31	2,30	5,31	3,56
10	1,54	0,77	1,86	2,60	4,84	3,24
11	1,49	0,74	1,73	2,20	3,81	2,55
12	1,62	0,81	2,05	2,30	4,71	3,16
13	1,56	0,78	1,91	2,60	4,97	3,33
14	1,63	0,81	2,07	2,70	5,60	3,75
15	1,55	0,78	1,89	2,50	4,72	3,16
16	2,05	1,03	3,30	3,25	10,73	7,19
17	2,00	1,00	3,14	3,00	9,42	6,31
18	2,10	1,05	3,46	2,75	9,52	6,38
19	1,71	0,85	2,28	2,25	5,14	3,44
20	1,73	0,86	2,34	3,00	7,01	4,70

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4. Biomasa aérea y contenido de DE N, P, K, CA, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B en las plantaciones de guayusa

Para la determinación de biomasa aérea (peso seco) por compartimientos (hojas, ramas verdes, troncos) se obtuvo los contenidos de humedad para transformar los pesos frescos en biomasa seca. En el caso de las hojas se presenta en el Anexo D. El cálculo del peso seco total ramas verdes se presenta en el Anexo E. El cálculo de la densidad de los troncos se presenta en el Anexo F y G.

La densidad aparente promedio de los suelos de 0-10 cm de profundidad en las 5 parcelas fue de 0,40 g/cm3, respondiendo a su naturaleza volcánica (cenizas volcánicas). La densidad aparente en horizontes subyacentes se tomó en el perfil del suelo de la parcela 3. La Tabla 4 muestra las densidades encontradas.

Tabla 4. Cálculo de la densidad aparente del suelo

Parcelas	**Peso húmedo muestras suelo (g)**	**Peso seco muestras suelo (g)**	**Volumen de la muestra (cm3)**	**Densidad Ap. 0-10cm profundidad g/cm3**
1	103,05	47,00	100,8	0,47
2	102,00	38,01	100,8	0,38
3	105,05	38,40	100,8	0,38
4	95,19	31,16	100,8	0,31
5	111,82	49,44	100,8	0,49
			Promedio total	0,40

Fuente: Elaboración propia

La matriz completa generada tanto para los 100 árboles del inventario como para los 20 árboles cosechados para biomasa, permitió estimar la biomasa por compartimientos y los contenidos químicos en plantas, mantillos y suelos en las 5 parcelas inventariadas. En el anexo se presentan las matrices generadas. En la Tabla 5, se presentan los cálculos de biomasa en hojas, ramas verdes y troncos y sus contenidos químicos.

Tabla 5. Biomasa promedio por árbol: hojas, ramas y troncos y sus contenidos químicos, en plantaciones de guayusa de PKR, Archidona, Napo

	Promedio (g)	**Desviación Estándar**
PESO SECO TOTAL HOJAS (g)	1061	585
N_HOJAS	26,80	14,78
P_HOJAS	2,38	1,31
K_HOJAS	18,37	10,14
Ca_HOJAS	10,48	5,78
Mg_HOJAS	5,66	3,13
S_HOJAS	1,19	0,66
Fe_HOJAS	0,063	0,035
Cu_HOJAS	0,016	0,009
Mn_HOJAS	0,213	0,118
Zn_HOJAS	0,219	0,121
B_HOJAS	0,0132	0,0073
PESO SECO TOTAL_RAMAS (g)	1140	806
N_RAMAS	10,79	7,63
P_RAMAS	1,44	1,02
K_RAMAS	16,99	12,02
Ca_RAMAS	11,97	8,47
Mg_RAMAS	3,00	2,12
S_RAMAS	0,68	0,48
Fe_RAMAS	0,85	0,60
Cu_RAMAS	0,187	0,133
Mn_RAMAS	0,183	0,129
Zn_RAMAS	0,191	0,135
B_RAMAS	0,0180	0,0128
PESO SECO TOTAL_TRONCOS (g)	2276	1842
N_TRONCOS	4,78	3,87
P_TRONCOS	0,46	0,37
K_TRONCOS	5,12	4,14
Ca_TRONCOS	2,62	2,12
Mg_TRONCOS	0,57	0,46
S_TRONCOS	1,59	1,29
Fe_TRONCOS	0,19	0,15
Cu_TRONCOS	0,0033	0,0027
Mn_TRONCOS	0,0236	0,0191
Zn_TRONCOS	0,1500	0,1214
B_TRONOS	0,0119	0,0097

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5. cuantificación de nutrientes disponibles en el suelo y en el mantillo forestal en plantaciones de guayusa

Los valores encontrados de los elementos N, P, S, B, Zn, Cu, Fe, Mn, K, Ca, Mg en los suelos se presentan en la Tabla 6. Se discriminan por parcela y profundidad del suelo. Se consideró su concentración en el suelo (Anexo H Y I, resultados de laboratorio), junto con la densidad aparente del suelo, para determinar las cantidades totales de 0 a 60 cm de profundidad (alcance en profundidad de las raíces). Estas cantidades pueden considerarse como nutrientes disponibles para las plantas en el momento del muestreo.

Tabla 6. Contenido de N, P, S, B, Zn, Cu, Fe, Mn, K, Ca, Mg; densidad y peso del suelo en plantaciones de guayusa de PKR, Archidona, Napo.

				Contenido de elementos por profundidad (kg/ha)										
Parcelas	**Profundidad (cm)**	**Densidad kg/m3**	**Peso suelo kg/ha**	**NH4**	**P**	**S**	**B**	**Zn**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**K**	**Ca**	**Mg**
1	**0-10cm**	470	470000	68,34	8,41	2,60	0,066	1,86	1,68	73,3	17,16	29,3	617,6	45,1
	10-20 cm	620	620000	37,20	6,26	2,40	0,081	1,52	2,06	132,7	12,78	21,8	1061,4	34,2
Total	**0-20 cm**		1090000	105,54	14,68	5,00	0,146	3,38	3,74	206,0	29,93	51,1	1679,0	79,3
5	**0-10 cm**	490	490000	45,03	6,27	0,90	0,074	4,34	1,90	65,4	12,46	24,8	487,1	58,8
	10-20 cm	710	710000	43,24	5,82	0,75	0,092	4,52	2,44	106,7	10,56	30,5	553,8	60,5
Total	**0-20 cm**		1200000	88,27	12,09	1,65	0,166	8,86	4,34	172,1	23,01	55,3	1040,9	119,3
3	**0-10cm**	380	380000	26,18	10,18	1,23	0,053	2,20	2,06	46,1	7,96	17,8	383,0	22,3
	10-20 cm	430	430000	18,66	6,19	1,66	0,138	2,27	2,05	59,5	4,61	13,4	485,9	17,0
	20-40 cm	970	1940000	74,11	20,76	2,99	0,349	9,37	10,90	304,8	11,04	68,1	2929,4	88,5
	40-60 cm	1030	2060000	45,73	28,43	4,47	0,330	7,99	9,33	310,9	9,06	48,2	2134,2	131,0
Total	**0-60 cm**		4810000	164,68	65,56	10,34	0,870	21,83	24,34	721,2	32,67	147,5	5932,5	258,9

Fuente: Elaboración propia.

En las Parcelas 1 y 5, los nutrientes como NH4 y P disminuyen con la profundidad, mientras que elementos como Fe y Mn aumentan en capas más profundas. Esto es consistente, por una parte, con la dinámica de la biomasa en el ecosistema a través de tres componentes: i) caída de hojarasca; ii) formación de mantillo orgánico; iii) profundidad de la bioturbación por macroorganismos del suelo (lombrices, ácaros, hormigas, etc. y iv) profundidad de los sistemas radicales que aportan con biomasa en el interior del suelo. Y en lo relativo al Fe y Mn, el perfil de distribución depende más de la dinámica del agua en el suelo, la que por el mecanismo de lixiviación y oxido-reducción tiende a la acumulación de estos elementos en capas más profundas.

En la Parcela 3, la concentración de NH4, P y K aumenta significativamente en la capa de 20-40 cm y disminuye más abajo (40-60 cm). Este patrón pudiera estar relacionado con la condición de zona pantanosa que tuvo el sitio, hasta la construcción de drenajes. La mejor aireación en el horizonte superficial debe haber promovido la mineralización de la materia orgánica y el lixiviado de nutrientes desde ese nivel superficial.

Comparación entre parcelas: La Parcela 3 tiene los niveles totales más altos de NH4 (164.68 kg/ha), lo que coincide con la alta densidad y capacidad de retención de nutrientes, lo que a su vez se deriva de la acumulación orgánica mientras fue suelo de pantano y al efecto del material de origen volcánico (tendencia a formación de compuestos órgano-minerales). Con K y Ca, y aun con Fe, ocurre algo similar, manteniendo la Parcela 3 los niveles más altos por las mismas razones. La Parcela 5 tiene mayores concentraciones de zinc y manganeso.

Los niveles de P son bajos, lo cual es común en suelos tropicales, que suelen requerir fertilización para cultivos intensivos. Mientras los niveles de K, especialmente en la parcela 3, son adecuados para la mayoría de los cultivos, según estándares reportados en estudios de fertilidad.

En el mantillo orgánico (Tabla 7) se presentan los valores totales de nutrientes contenidos, los que, a diferencia de las cantidades reportadas para el suelo, no son directamente accesibles para la nutrición de las plantas, sino que a lo largo del proceso de mineralización de la materia orgánica y de digestión microbiana van siendo liberados en formas asimilables para las micorrizas y raicillas. Por ello, el mantillo funciona más como una reserva de nutrientes que está continuamente proveyendo elementos solubles, pero al mismo tiempo receptando más biomasa a través de la hojarasca y raíces y organismos del suelo que ya cumplieron su ciclo vital. El mantillo orgánico al momento del muestreo alcanzó a 1,14 ton/ha y las cantidades más altas de nutrientes totales fueron las de Ca y N, alrededor de 20 Kg/ha. Destaca la baja cantidad de P y K, dos macronutrientes esenciales para cualquier cultivo.

Tabla 7. Biomasa en el mantillo forestal y contenido de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B

	Promedio en g	**Desviación Estándar**	**Kg/ha**
Peso mantillo g	171,29	119,59	1141,9
% N	2,95	2,057	19,64
% P	0,30	0,234	1,37
%K	0,35	0,243	2,32
%Ca	3,03	2,117	20,21
%Mg	0,57	0,395	3,77
% S	0,19	0,132	1,26
Fe ppm	0,34	0,239	2,28
Cu ppm	0,0086	0,006	0,057
Mn ppm	0,0400	0,027	0,267
Zn ppm	0,0183	0,013	0,122
B ppm	0,0043	0,003	0,029

Fuente: Elaboración propia.

Mera et al., (2017) estudió el efecto de la hojarasca en el ciclo nutricional de una plantación de cacao en Colombia, y, si bien los agroecosistemas son diferentes, el estudio concluye en la importancia de la hojarasca y la reposición del mantillo para la nutrición del cacao, además de proteger al suelo, controlar la temperatura y promover el microbiota, factores esenciales para la descomposición de la materia orgánica y la nutrición vegetal.

3.1.6. biomasa subterránea (raíces) y contenidos de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B

El estudio de las raíces permitió describir la forma y dimensión del sistema radical de la guayusa y considerar su proporción en relación al tamaño y edad del árbol. Los resultados de la biomasa en raíces se presentan diferenciándose las raíces más finas obtenidas en muestras volumétricas de 7500 cm3 (Tabla 8) y el sistema radical como un todo (raíces gruesas, medias y finas) (Tabla 9). La guayusa desarrolla un fuerte sistema radical que explora alrededor de 12 m2 hasta 50-60 cm de profundidad, pero concentrando la mayor parte de la biomasa subterránea de 0 a 20 cm. Con ello, cada árbol de guayusa dispone de un volumen de suelo de aproximadamente 6 m3, al cual se suma la reserva de nutrientes del mantillo orgánico y la continua renovación del mismo por la caída de biomasa al suelo. Las propias raicillas aportan biomasa dentro del suelo en su dinámica de recambio.

Tabla 8. Biomasa en raíces finas y contenidos de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B (muestras 7500cm3).

Profundidad cm		**Promedio g**	**Desviación Estándar**	**kg/ha**
0-10cm	**Peso seco raicillas (g)**	1,897	1,584	2529
	% N	0,0201	0,0168	26,81
	% P	0,0021	0,0017	2,78
	%K	0,0055	0,0046	7,33
	%Ca	0,0340	0,0283	45,27
	%Mg	0,0087	0,0057	4,55
	% S	0,0027	0,0022	3,54
	Fe ppm	0,00421	0,00351	5,61
	Cu ppm	0,00040	0,00034	0,54
	Mn ppm	0,00032	0,00027	0,43
	Zn ppm	0,00046	0,00038	0,61
	B ppm	0,000033	0,000028	0,044
10-20 cm	**Peso seco raicillas (g)**	1,222	0,672	1629
	% N	0,0130	0,00713	17,27
	% P	0,0013	0,00074	1,79
	%K	0,00354	0,00195	4,72
	%Ca	0,02188	0,01203	29,16
	%Mg	0,00579	0,00341	2,93
	% S	0,00171	0,00094	2,28
	Fe ppm	0,00271	0,00149	3,61
	Cu ppm	0,00026	0,00014	0,35
	Mn ppm	0,00021	0,00012	0,28
	Zn ppm	0,000297	0,00016	0,40
	B ppm	0,000021	0,000012	0,029

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Peso total sistema radical de guayusa de 12 años de edad y contenido de elementos N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B.

	Promedio en g		**kg**
Peso seco total del sistema radical / árbol (g)	4790,18	2993860	2993,86
% N	30,66	19161	19,16
% P	1,92	1198	1,20
%K	20,12	12574	12,57
%Ca	206,94	129335	129,33
%Mg	15,81	9880	9,880
% S	13,89	8682	8,682
Fe ppm	4,93	3084	3,084
Cu ppm	0,06	39	0,039
Mn ppm	0,49	304	0,304
Zn ppm	2,28	1425	1,425
B ppm	0,13	84	0,084

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados integrados permiten hacer una síntesis del contenido de biomasa de la plantación de guayusa por compartimientos, asumiendo diferentes densidades de árboles. Por ejemplo, para un distanciamiento promedio de 4 x 4 m entre árboles, o 625 árboles por hectárea, los valores estimados se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Estimación de biomasa por compartimientos en plantaciones de guayusa con una densidad de 625 árboles/ha (4 x 4 m).

COMPARTIMIENTO	Tn/ha	%
HOJAS	1,061	5
RAMAS	1,14	5,3
TRONCOS	2,276	10,6
MANTILLO	1,14	5,3
SISTEMAS RAÍCES	2,994	14
RAÍCES FINAS	12,76	59,7
TOTAL	21,371	100

Fuente: Elaboración propia

El formidable sistema radical de la guayusa, incluyendo las raíces finas (Figura 10), constituye casi el 74%, o las ¾ partes de la biomasa del árbol sometido a cosecha regularmente y del agroecosistema guayusa comercial. Adicional a ello, se destaca la profusión de raíces finas (menos de 1 mm) y entre 1 y 3 mm, que conforman una extraordinaria malla fina justo encima del suelo mineral (en la base del mantillo), la que se prolonga en los primeros cm de profundidad del suelo. De hecho, entre 0 y 10 cm se encontró el equivalente a 8,8 toneladas/ha de raíces finas. Ello se complementa con la existencia de micorriza en dichas raicillas.

Lo encontrado sobre las raíces de la guayusa, conjuntamente con los valores de mantillo orgánico en biomasa y nutrientes, puede relacionarse con la capacidad de retoñar ramas verdes y desarrollar hojas que muestra la planta. Asimismo, permite concluir que la sostenibilidad de la producción de guayusa parece garantizada, sin insumos externos, al insertar los rodales de guayusa en el sistema chakra y devolverle al agroecosistema los troncos leñosos y las ramas verdes luego de la cosecha. Esta práctica es observada por la comunidad PKR productora de guayusa.

Figura 10. Malla de raíces finas y muy finas cubriendo el suelo mineral en la base del mantillo orgánico (la imagen abajo a la izquierda representa 1 cm).

CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

Fue aceptada la Hipótesis nula: Ho: La extracción comercial periódica del follaje en plantaciones de guayusa no afecta la sostenibilidad de la producción de las plantaciones. Con este estudio se ha demostrado y principalmente con la observación de 8 meses después de haber realizado el corte total (extracción de raíces total) de la planta, la guayusa sigue rebrotando. Pero toca tomar en cuenta varios aspectos para que la producción siga manteniéndose.

4.1. Variabilidad y heterogeneidad del sistema agroforestal de guayusa

Se observa variabilidad en los valores de biomasa, tanto en hojas, como en ramas, troncos, raíces y mantillo entre las parcelas, lo que se refleja en los contenidos de los elementos químicos (nutrientes) analizados. Ello puede obedecer a los diferentes niveles de desarrollo de los rebrotes en los árboles, luego de las cortas de cosecha sucesivas. Igualmente deben influir las condiciones locales de pendiente, luminosidad y suelo (especialmente drenaje), tanto a nivel de parcela como de individuo.

La presencia de otras especies en la chacra de guayusa (guaba, frutales, cacao, café y maderables) aportan con sombra y biomasa al mantillo forestal.

4.2. Estrategias de gestión de recursos por parte del sistema agroforestal de guayusa

Por otra parte, al considerar los valores promedio encontrados por árbol, se observa una biomasa en hojas y ramas verdes en los rebrotes bastante aproximada, ligeramente superior a un kilogramo/árbol, mientras que los troncos leñosos (de 12 años de edad) superan a la suma de hojas y ramas verdes. Ello ocurre pese a su corta altura (la mayor parte de 30 a 80 cm de altura).

Frente a la biomasa aérea, relativamente limitada en los árboles de guayusa sometidos repetidamente a cosecha, destaca la estrategia del desproporcionado desarrollo del sistema radical, el cual se extiende hasta unos 2 m de distancia del tronco, concentrando la mayor parte de las raíces gruesa, medias y finas en los primeros 20 cm de profundidad. Pocas raíces medias emiten brotes secundarios que llegan hasta 40-60 cm de profundidad tal como descrito. (Astudillo Echeverría, 2021) en un estudio pionero realizado en Ikiam evidenció por primera vez la presencia de estructuras de HMA pertenecientes al filo *Glomeromycota* en las raíces de *Ilex guayusa*, identificando esporas de los géneros *Acaulospora, Gigaspora y Glomus* en la rizosfera de esta planta. Además, observaron estructuras intracelulares características de hongos endófitos septados oscuros (DSE, por sus siglas en inglés), pertenecientes al filo *Ascomycota*, colonizando los espacios intercelulares de las raíces de guayusa.

Una investigación más detallada analizó la diversidad de comunidades de HMA asociadas a *Ilex guayusa* mediante técnicas de identificación morfológica y secuenciación de alto rendimiento de la región ITS-2, determinando una colonización micorrícica con una frecuencia superior al 45%, predominando el morfotipo de colonización intermedio y la frecuente presencia de arbúsculos. A nivel taxonómico, se identificaron principalmente HMA de la familia *Glomeraceae*, con géneros como *Glomus y Rhizophagus* como los más abundantes. Estos hallazgos sugieren que *IIex guayusa* establece asociaciones simbióticas con HMA, lo que podría tener implicaciones significativas para su nutrición y cultivo. La presencia de HMA en las raíces debe

contribuir a una mejor absorción de nutrientes y agua, así como a una mayor resistencia a estreses abióticos y bióticos (Astudillo-Echeverría et al., 2019)

El mantillo orgánico juega un rol fundamental en la dinámica de biomasa y nutrientes del agroecosistema guayusa. Las raicillas de guayusa forman una densa malla entre el mantillo orgánico y el suelo mineral, estrategia que debe permitir absorber nutrientes a través de la micorriza, evitando su pérdida por lixiviado. Y el mantillo orgánico se mantiene constante por la continua reposición de material orgánico. (Mera et al., 2017) reportaron un aporte de hojarasca al suelo de 4 y 6 t/ha/año en plantaciones de cacao bajo sistemas agroforestales de 3 y 5 años, respectivamente, en condiciones de bosque húmedo tropical. El aporte en N fue de 57, el de P de 6,3, el S de 3,4 y el B de 0,4 Kg. El tiempo medio de descomposición de la hojarasca fue de 380 días.

El suelo, de origen volcánico y con 8,7% de materia orgánica humificada en la capa superior ofrece condiciones muy favorables al desarrollo vegetal, más aún de una especie nativa. El estudio permitió determinar las cantidades de nutrientes disponibles (en formas asimilables) para las plantas en el suelo, en el momento del muestreo, resultaron mucho más bajas que las contenidas en la biomasa de la guayusa en hojas y en ramas, al considerar el número de árboles promedio por hectárea. Por ejemplo, en la parcela 3, la suma del N-NH4 de 0 a 60 cm de profundidad alcanza a sólo 0,201 Kg/ha, lo que sería superado por el contenido de N-NH4 del conjunto de hojas de sólo 10 árboles de guayusa (0,268 Kg/ha). En el mismo suelo de la parcela 3, el P suma 0.0805 Kg/ha, lo que corresponde al P contenido en las hojas de alrededor de 30 árboles. Sin embargo, la reserva de nutrientes contenida en el mantillo + suelo + sistemas radicales + raíces finas es de una dimensión considerable. Por ejemplo, en el mismo caso de N, esa reserva suma (para una hectárea plantada a 4 x 4 m con una densidad de 625 árboles/ha) a la cantidad de 230 Kg/ha, aproximadamente 10 veces la cantidad contenida en la parte aérea de los mismos 625 árboles, incluyendo hojas, ramas verdes y troncos. A ello debe sumarse la alta cantidad de materia orgánica humificada en el suelo, la cual se expresa en un contenido promedio de 8,7% de materia orgánica en el suelo de 0-10 cm de profundidad.

Ello representa una reserva de 38.140 Kg/ha de biomasa humificada (para una densidad aparente de 0,44 g/cm3), sólo en los primeros 10 cm.

4.3. El Balance de nutrientes y el efecto de la salida periódica con la cosecha de la hoja de guayusa.

En la Tabla 11 (Resumen) se presentan los valores de biomasa y nutrientes contenidos en los diferentes compartimientos, estimados para una plantación de guayusa a 4 x 4 m de distanciamiento y con 625 árboles/ha. La reserva de nutrientes contenida en el mantillo + suelo + sistemas radicales + raíces finas es de una dimensión considerable. Por ejemplo, en el caso de N, esa reserva suma (para una hectárea plantada a 4 x 4 m con una densidad de 625 árboles/ha) a la cantidad de 230 Kg/ha, aproximadamente 10 veces la cantidad contenida en la parte aérea de los mismos 625 árboles, incluyendo hojas, ramas verdes y troncos. A ello debe sumarse la alta cantidad de materia orgánica humificada en el suelo, la cual se expresa en un contenido promedio de 8,7% de materia orgánica en el suelo de 0-10 cm de profundidad. Ello representa una reserva de 38.140 Kg/ha de biomasa humificada (para una densidad aparente de 0,44 g/cm3), sólo en los primeros 10 cm.

En ese contexto, la salida de nutrientes con la cosecha de hojas con fines comerciales no representa riesgos de déficit en las condiciones del agroecosistema chakra estudiado. La cantidad de nutrientes contenida en las partes aéreas es sólo una fracción del total del pool de elementos existentes en el agroecosistema, considerando el mantillo, los sistemas radicales, incluyendo la masa de raíces finas y los contenidos asimilables del suelo. Ello se incrementaría mucho más si se toma en consideración las reservas no asimilables en forma inmediata, tanto en la materia orgánica humificada, como en los componentes minerales del suelo volcánico.

Ello permite concluir en la afirmación de la hipótesis Ho: La extracción comercial periódica del follaje en plantaciones de guayusa no afecta la sostenibilidad de la

producción de las plantaciones. Sin embargo, ello es válido para las favorables condiciones de suelo y del sistema chakra estudiado.

Tabla 11. Biomasa y contenido de nutrientes del agroecosistema guayusa en PKR, Archidona, Napo.

625 árboles/ha	Biomasa	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Partes aéreas	2.800	26,5	2,7	25,3	15,7	5,8	2,2	0,69	0,13	0,26	0,35	0,027
Mantillo	1142	19,64	1,37	2,32	20,2	3,8	1,3	2,28	0,057	0,27	0,12	0,029
Raíces finas	253	26,81	2,78	7,33	45,3	4,5	3,5	5,61	0,54	0,43	0,61	0,044
Sistema radical	2994	19,16	1,20	12,57	129,3	9,9	8,7	3,08	0,039	0,30	1,43	0,084
Suelo 0-60 cm		164,68	65,56	10,34	0,87	21,8	24,3	721,2	32,67	147,5	59,3	258,9

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio permite concluir que la plantación de guayusa posee la capacidad de absorber y acumular nutrientes en su biomasa, a lo largo de su desarrollo en pocos meses, muy superior a las cantidades asimilables disponibles en el suelo. Ello a su vez sugiere que existe una provisión de nutrientes continua y suficiente, proveniente del aporte y reciclaje de biomasa en el suelo. Según los resultados, el mantillo es fundamental para asegurar, a través de la actividad del microbiota, la continua y suficiente disponibilidad de nutrientes en el agroecosistema.

En el mismo sentido, el desarrollo del sistema radical a través de los años de la guayusa, le permite explorar eficientemente el volumen de suelo entre 0 y 60 cm de profundidad, pero muy profusamente entre 0 y 20 cm. Más aún, la guayusa desarrolla una densa malla de raicillas sobre el suelo mineral, que le permite absorber nutrientes ya desde el mantillo orgánico. Ello se potencia debido a la demostrada existencia de micorrizas en las raicillas. El estudio evidenció que el mantillo orgánico es una significativa reserva de nutrientes, por lo que su existencia debe ser promovida por el manejo adecuado de la plantación, bajo el modelo chacra o policultivo agroforestal tradicional en la Amazonía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agostini, M. de los Á., Monterubbianesi, M. G., Studdert, G. A., & Maurette, S. (2014). Un método simple y práctico para la determinación de densidad aparente. *Ciencia Del Suelo*, *32*(2), 171–176.

Alva-Abanto, H. (2020). *Estimación de biomasa aérea de cuatro especies forestales en Manchay a partir del método destructivo*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Alvarado, E. (2016). *Guía Técnica del cultivo de la guayusa* (GIZ).

Astudillo Echeverría, A. A. (2021). *Identificación morfológica y molecular de hongos micorrízicos arbusculares asociados a las plantas de guayusa (Ilex guayusa Loes.) de la comunidad San Salvador del cantón Tena, Ecuador*.

Astudillo-Echeverría, A., León, B., Franco, W., Torres, R., Sislema, S., Carrera, A., Apunte, K., Naranjo-Briceño, L., Pérez-Cárdenas, M., Ascencio-Lino, T., Montero-Calderón, A., Gudiño-Gomezjurado, M., Sandoya, V., Barcos-Arias, M., Naranjo-Morán, J., Oviedo-Anchundia, R., & Pacheco-Coello, R. (2019). *Descubriendo la diversidad de hongos micorrízicos arbusculares autóctonos asociados a cacao (Theobroma cacao), cedro (Cedrela montana) y guayusa (Ilex guayusa): un primer paso hacia la obtención de biofertilizantes y el desarrollo sustentable de la agrofo*. 2019.

Bravo, C., Ramírez, A., Marín, H., Torres, B., Navarrete, H., & Changoluisa, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, *18*, 1–16.

Cadena-Carrera, S., Tramontin, D. P., Bella Cruz, A., Bella Cruz, R. C., Müller, J. M., & Hense, H. (2019). Biological activity of extracts from guayusa leaves (Ilex guayusa Loes.) obtained by supercritical CO2 and ethanol as cosolvent. *The Journal of Supercritical Fluids*, *152*, 104543. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104543

Castelán Vega Rosalía, López Teloxa Leticia Citlaly, Tamariz Flores J. Victor, Linares Fleites Gladys, & Cruz Montalvo Abel. (2017). Erosión y pérdida de nutrientes en diferentes sistemas agrícolas de una microcuenca en la zona periurbana de la ciudad de Puebla, México. *Terra Latinoamericana*, *35*, 229–235.

Chiriboga, J. V. (2017). Etnobotánica y sistemas tradicionales de salud en Ecuador. Enfoque en la Guayusa (*Ilex guayusa* Loes). *Etnobiología*, *15*(3), 79–88.

Dueñas, J. F., Jarrett, C., Cummins, I., & Logan–Hines, E. (2016). Amazonian Guayusa (Ilex guayusa Loes.): A Historical and Ethnobotanical Overview. *Economic Botany*, *70*(1), 85–91. https://doi.org/10.1007/s12231-016-9334-2

Fonseca-González, W. (2017). Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*, *51*(2), 91–109.

Franco, W., Aguinaga Barragán, A. M., Astudillo Bravo, D., Picón, G., Loza, G., Gallardo, V., Andy Grefa, P., Andi, R., & Andi, L. (2018). *Guayusa (Waysa): Retos y oportunidades para la Amazonía Ecuatoriana* (Gabriel. Picón & Wilfredo. Franco, Eds.). Universidad Regional Amazónica Ikiam.

Franco, W., & Picón, G. (2021). *El cultivo de la Guayusa: pasado, presente y escenarios futuros*. *October*.

Gad Parroquial San Pablo de Ushpayacu. (2023). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia de San Pablo de Ushpayacu, provincia de Napo,Ecuador*.

Krause, T., & Ness, B. (2017). Energizing agroforestry: *Ilex guayusa* as an additional commodity to diversify amazonian agroforestry systems. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, *13*(1), 191–203. https://doi.org/10.1080/21513732.2017.1303646

Martillo Chonillo, J. S. (2019). *Plan de exportación de té de guayusa al mercado de los Estados Unidos*. Guayaquil: ULVR, 2019.

Melo, V. (2014). *Composición y Análisis Químico de la Especie* Ilex guayusa *Loes*. Universidad San Francisco de Quito.

Mera, M. K., Ramírez, R., & Leiva, E. I. (2017). *Importancia de la hojarasca en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.)*. *november*, 172–179.

Ministerio de Ambiente y Agua. (2020). *Protocolo Comunitario "Pueblo Kichwa de Rukullakta (PKR)" para el acceso, uso y aprovechamiento de los conocimientos tradicionales asociados o no a la biodiversidad. (recursos biológicos y genéticos)*. 1–44.

Montagnini, F., Somarriba, E., Fassola, H., & Eibl, B. (2015). Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. In *Informe técnico 402* (CIPAV). CATIE, Turrialba (Costa Rica).

Ordoñez-Jiménez, P. A., Chicaiza-Ortiz, C. D., & Reyes-Vargas, M. V. (2022). Factibilidad para implementar una hostería ecológica en el cantón Archidona, Napo-Ecuador. *Green World Journal*, *March*, 012. https://doi.org/10.53313/gwj51012

Picard, N., Saint-André, L., & Henry, M. (2012). *Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles: del trabajo de campo a la predicción.* Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD).

Reyes, J. T. S., Sánchez, A. R., de Dios Benavides Solorio, J., Flores, H. J. M., Quiroz, D. C., & Ceja, J. E. S. (2021). Allometric equations, biomass and carbon in tropical forest plantations in the coast of Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *12*(65). https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i65.856

Ríos Granizo, M. A. (2012). *Evaluación de la eficacia de cuatro enraizadores y tres tipos de Estaca en la producción de plantas de Guayusa (*Ilex guayusa*) a nivel de Vivero en el cantón Archidona, provincia de Napo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Rocha, M. R. (2018). *Determinación del contenido de cafeína en un cultivo comercial de guayusa (*Ilex guayusa*)* (Vol. 1, Issue Determinar el contenido de cafeína entre individuos de un cultivo comercial de guayusa.). Universidad Central del Ecuador.

Sequeda-Castañeda, L. G., Modesti Costa, G., Celis, C., Gamboa, F., Gutiérrez, S., & Luengas, P. (2016). *Ilex guayusa* Loes (Aquifoliaceae): Amazon and Andean native plant. *Pharmacolog Onl*, *3*, 193–202.

Wise, G., & E. Santander, D. (2018a). Assessing the History of Safe Use of Guayusa. *Journal of Food and Nutrition Research*, *6*(7), 471–475. https://doi.org/10.12691/jfnr-6-7-8

Wise, G., & E. Santander, D. (2018b). Comparative Composition Analysis of the Dried Leaves of *Ilex guayusa* (Loes.). *Journal of Food and Nutrition Research*, *6*(10), 638–644. https://doi.org/10.12691/jfnr-6-10-4

Wise, G., & Negrin, A. (2019). A critical review of the composition and history of safe use of guayusa: a stimulant and antioxidant novel food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *59*(15), 2393–2404. https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1643286

Wise, G., & Santander, D. E. (2018). Novel Food Notification for Authorisation of a Traditional Food From a Third Country Under Regulation (EU) 2015/2283 - Dried Leaves of Guayusa. *Universidad Regional Amazonica Ikiam*, *December*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18400.53762

ANEXOS

ANEXO A. Datos dasonómicos (campo), 100 plantas.

PARCELAS	PLANTAS	Circuferencia (cm)	Longitud tallos (cm)	# Ramas verdes arriba	# Ramas verdes bajo	Altura total (m)	D1 copa(m)	D2 copa (m)	Observación
1	Planta 1	41,2	36	4	11	2,70	1,30	1,30	
		24	130	9					
		1	108	7					
		1	77	5					
	Planta 2	31	79	8	3	2,20	1,10	1,10	
		15	98	6					
		1	93	2					
	Planta 3	32	53	2	4	1,95	0,97	1,13	Sombra lateral de cacao
		12	96	4					
		1	149	3					
		1	120	3					
	Planta 4	44	58	8	9	2,60	1,24	1,94	Sombra lateral de cacao
		45	133	9					
		13	183	7					
	Planta 5	30	25	3	7	2,10	1,10	1,55	
		32	42	2					
		20	96	5					
		13	154	4					
		12	140	4					
	Planta 6	45	28	1	14	2,50	1,53	1,55	
		25	65	6					
		24	141	6					
		15	142	3					
		12	125	6					
	Planta 7	32	89	8	7	2,25	1,45	1,56	
		25	22	2					
		23	85	5					
		19	20	1					
	Planta 8	28	97	3	12	3,25	1,75	1,92	
		18	20	1					
		14	106	3					
		13	132	7					
		27	35	0					
		26	150	10					
		10	127	4					
	Planta 9	34	72	11	16	2,30	1,73	1,70	
		23	89	4					
		12	92	8					
		15	100	4					
	Planta 10	28	30	2	6	2,60	1,50	1,58	
		40	111	3					
		17	90	4					
		23	30	4					
		11	83	3					

Planta 11	33	33	3	14	2,20	1,43	1,54	
	12	83	4					
	14	123	4					
	18	160	4					
	9	68	4					
Planta 12	34	70	2	8	2,30	1,68	1,55	
	32	90	5					
	17	145	8					
	5	25	2					
	5	55	3					
Planta 13	30	24	4	7	2,60	1,51	1,61	
	16	46	4					
	16	140	7					
	12	60	2					
	10	80	1					
	11	97	3					
	5	21	5					
	5	21	2					
Planta 14	30	28	4	12	2,70	1,60	1,65	
	17	123	7					
	30	16	1					
	18	122	4					
	23	18	1					
	5	80	3					
	10	95	4					
Planta 15	25	100	6	12	2,50	1,50	1,60	
	10	120	7					
	3	60	2					
	20	22	1					
	3	83	2					
	5	85	4					
	8	20	2					
Planta 16	15	160	11	8	3,25	2,10	2,00	
	40	60	7					
	15	170	7					
	40	45	4					
Planta 17	15	150	6	8	3,00	2,00	2,00	
	10	170	6					
	20	46	2					
	15	160	5					
	15	150	6					
	10	150	5					
Planta 18	10	50	3	7	2,75	2,10	2,10	
	10	110	4					
	40	55	3					
	10	85	3					
	10	130	4					

	Planta 19	29	85	4	5	2,25	1,70	1,71	
		30	44	2					
		15	170	6					
		25	80	2					
		5	138	3					
	Planta 20	15	25	0	7	3,00	1,55	1,90	
		10	118	3					
		45	50	3					
		3	30	2					
2	Planta 1	13	125	11	12	3,00	2,15	2,00	
		17	118	7					
		15	118	2					
	Planta 2	22	100	5	8	3,50	2,7	2,74	
		13,5	109	8					
		11	117	3					
	Planta 3	15,5	108	4	4	3,40	2,36	2,20	
		6	44	2					
	Planta 4	8	118	5	6	2,60	2,55	2,34	
		6,5	100	4					
		7	111	3					
		4	119	1					
	Planta 5	24,5	122	4	10	4,00	2,90	2,90	
		7	116	1					
		10	117	4					
		6,5	110	4					
	Planta 6	11,5	113	1	7	4,20	2,82	3,36	
		9	92	2					
		12	110	1					
		10	300	24					
	Planta 7	7	42	15	9	3,20	2,78	2,52	
		10	110	2					
		9	101	3					
	Planta 8	9,5	123	3	7	3,15	2,50	2,42	
		11,5	129	2					
		6,5	120	1					
		6,5	125	3					
	Planta 9	17	116	3	5	3,70	2,59	2,43	
		14,5	119	3					
		9	112	1					
	Planta 10	23	111	3	4	4,00	1,72	3,00	
		18	105	5					
		15	111	2					
	Planta 11	9,5	130	3	4	2,70	2,09	1,52	
		27,5	125	5					
		8	137	4					
	Planta 12	18,5	112	4	5	4,20	1,80	2,15	
		18,5	105	6					

		12,5	65	7					
	Planta 13	14,5	109	4	2	2,90	2,38	2,24	
		33	88	2					
	Planta 14	15,5	125	6	2	3,90	2,68	2,30	
		12,5	115	6					
		20	108	3					
		10,5	115	4					
		22	70	3					
		11	113	5					
	Planta 15	8,5	134	3	8	3,80	2,08	2,85	
		12,5	128	3					
		42	124	4					
	Planta 16	13	112	4	6	3,50	1,62	2,52	
		12,5	119	3					
		9,5	117	4					
	Planta 17	15	118	4	8	2,90	2,52	2,37	
		15	108	6					
		21,5	111	4					
	Planta 18	19	120	6	8	3,10	2,32	2,34	
		16	109	3					
		16,5	118	5					
	Planta 19	5	107	4	5	2,30	1,89	1,91	
		9	110	3					
		5,5	109	2					
		6,5	113	2					
	Planta 20	16,5	114	3	4	2,90	2,39	2,11	
		10,5	127	3					
		16	113	1					
		20	115	3					
3	Planta 1	24	120	3	5	2,60	1,93	1,92	
		8	94	2					
		10	99	0					
		12	111	3					
		4	101	4					
	Planta 2	15	115	2	18	3,50	2,77	2,50	
		7	113	2					
		5	54	1					
		8	95	2					
		7	156	0					
		15	113	9					
	Planta 3	14	105	4	18	3,80	2,50	2,60	
		24	123	4					
		13	80	3					
		23	94	10					
	Planta 4	12	73	0	27	4,00	3,28	3,50	
		24	110	2					
		9	98	3					

	20	92	4				
	35	85	16				
Planta 5	10	97	0	36	4,30	3,90	2,90
	18	87	4				
	14	95	1				
	19	95	1				
	12	93	4				
	13	36	3				
Planta 6	18	120	4	1	2,20	1,45	1,80
	8,5	108	3				
	9,5	114	4				
Planta 7	9,5	52	3	4	2,30	2,10	1,90
	13	123	2				
	12	73	2				
	10	123	1				
	6,5	116	1				
	6	110	1				
	6	65	0				
Planta 8	15	100	3	5	4,20	3,05	2,10
	29	110	2				
	15,5	90	1				
	9,5	80	1				
	38	120	7				
Planta 9	25	110	4	5	3,10	2,60	2,40
	11,5	100	2				
	5	62	1				
	6	32	2				
	7	100	0				
	29	115	3				
	22,5	100	2				
	5,5	76	0				
	5	76	0				
Planta 10	24,5	110	4	8	3,50	2,35	2,45
	17	100	2				
	9	100	2				
	8	110	0				
	9	80	1				
	5	80	0				
	5,5	80	0				
	21	105	3				
	6	100	0				
	6,5	97	2				
	8,5	69	3				
Planta 11	29	125	7	20	3,80	1,50	2,40
	13	113	2				
	6	110	3				
	7	50	0				

	31	120	6				
	27	125	10				
Planta 12	22	120	9	10	4,80	3,70	3,40
	19	110	4				
	10	80	3				
	14	108	2				
	9	67	0				
	10	130	6				
Planta 13	17	110	2	18	4,30	2,98	3,50
	24	135	2				
	10	87	1				
	13	120	2				
	13	106	2				
	11	110	3				
Planta 14	26	64	2	18	3,50	2,40	2,50
	17	113	4				
	6	105	0				
	30	131	8				
	10	38	1				
	8	52	3				
Planta 15	21	136	2	11	4,00	2,20	2,60
	15	80	1				
	8	103	1				
	13	105	5				
Planta 16	8	137	1	5	3,10	1,80	2,30
	14	125	2				
	12	20	0				
	20	125	3				
	18	140	5				
	10,5	50	1				
	10	27	1				
Planta 17	24	145	3	7	3,80	2,60	2,80
	10	75	3				
	10,5	50	1				
	20	110	5				
	8,5	124	0				
	6	40	2				
Planta 18	10	120	0	27	4,60	3,30	2,30
	37	99	6				
	6	66	0				
	24	89	1				
Planta 19	19	125	4	5	4,10	2,25	2,70
	19,5	70	1				
	7	50	2				
	29	110	4				
	31	145	3				
	7,5	110	0				

		7,5	80	2					
	Planta 20	17	119	3	25	3,50	2,40	2,50	
		25	116	3					
		29	126	2					
		6	76	0					
		13	113	4					
4	Planta 1	9	90	2	31	3,50	3,20	2,48	
		5	75	0					
		6	48	2					
		19	68	1					
		7	47	4					
	Planta 2	28	27	1	24	3,30	2,60	2,80	
		5	42	0					
		8	30	2					
		8	84	1					
		7	90	0					
		10	99	2					
	Planta 3	6	75	0	30	3,10	2,60	2,30	
		6	80	2					
		8	42	0					
		5	78	1					
	Planta 4	8	103	4	18	4,00	2,8	2,90	
		8	80	0					
		5	30	2					
		22	98	2					
		9	76	1					
		9	88	0					
		6	76	0					
	Planta 5	6	41	1	14	5,00	2,80	2,60	
		4	43	3					
		11	140	4					
		41	104	4					
	Planta 6	16	56	1	7	3,50	2,10	2,30	
		4,5	27	2					
		6	42	0					
		7	30	0					
		5	50	0					
		8	39	1					
		9	75	3					
		18,5	85	2					
		18,5	277	3					
		4,5	60	0					
	Planta 7	14,5	58	2	5	3,00	2,30	2,40	
		5	72	0					
		10	70	1					
		11	80	4					
		25,5	110	2					

		7	40	0				
		6	90	2				
		7,5	75	2				
	Planta 8	18	67	1	6	2,30	2,20	2,20
		16	60	3				
		13,5	80	1				
		10,5	80	1				
		7	70	2				
		12,5	83	2				
	Planta 9	28,5	115	3	2	4,10	2,10	2,70
		22	102	2				
		12	70	3				
		22	10	2				
		7,5	97	2				
		7	80	0				
	Planta 10	18	140	1	4	3,50	2,00	1,80
		32	110	2				
		6	65	1				
		6	65	0				
	Planta 11	12	60	1	13	4,00	2,50	2,60
		13	59	7				
		7	49	2				
		19	58	4				
		25	115	5				
		45	76	5				
	Planta 12	14	72	4	30	3,30	2,90	2,70
		21	90	5				
		5	71	0				
		8	66	1				
		11	68	1				
		4	55	4				
		8	57	1				
		6	32	2				
		28	18	3				
	Planta 13	10	98	2	23	4,20	3,20	3,10
		8	70	5				
		15	80	2				
		20	45	0				
		6	72	0				
		9	40	2				
		11	80	3				
	Planta 14	6	50	0	23	3,00	2,70	3,10
		6	32	2				
		8	42	1				
		12	80	0				
		28	21	2				
		29	120	5				

	Planta 15	9	106	4	24	2,90	3,30	3,00	
		15	57	4					
		22	31	4					
		6	70	0					
		21	44	1					
		5	41	4					
	Planta 16	25,5	80	1	6	3,50	2,80	2,30	
		17	80	2					
		8,5	76	2					
		14	70	3					
		8	100	1					
		10,5	76	2					
	Planta 17	18	65	3	15	5,00	2,40	2,80	
		13	85	2					
		21	84	3					
		15	27	3					
		5	26	2					
		14	55	1					
		5	64	1					
		16	75	2					
		7	62	6					
		9	57	1					
		10	64	3					
		5	72	1					
	Planta 18	13	60	2	4	4,10	3,00	3,00	
		9,5	100	1					
		13,5	60	1					
		16,5	76	2					
		10,5	80	2					
		8	80	0					
		24	99	2					
		9	76	2					
	Planta 19	18	70	0	8	4,00	2,90	3,20	
		10	102	0					
		21	76	5					
		11	84	0					
		7	76	1					
	Planta 20	32	80	3	5	3,00	2,30	2,30	
		13,5	50	1					
		5	46	2					
		6	50	1					
5	Planta 1	26	111	6	6	3,50	2,07	2,22	Presencia de especies acompañantes: cacao,
		24	111	9					
		16	94	4					
		23	113	8					
		10	98	4					
		6	46	2					

Planta 2	14	108	7	10	2,70	1,64	1,82	
	17,5	114	9					
Planta 3	22	98	6	7	3,00	2,41	2,58	
	21	76	3					
	19	83	3					
	10	85	3					
	7	85	1					
Planta 4	15	68	6	10	3,50	2,34	3,13	
	8	87	3					
	12	60	2					
	8	152	5					
	8	71	3					
	21	85	5					
	7	97	1					
	6	86	2					
	12	43	1					
	5	76	4					
	13	83	3					
Planta 5	26	100	6	7	4,00	2,81	2,72	
	24	85	6					
	13	75	4					
	8	156	3					
	9	58	6					
	9	107	4					
	8	109	5					
	6	82	5					
	6	48	3					
Planta 6	15	89	3	8	3,50	2,76	3,03	
	12	170	6					
	9	89	3					
	9	109	3					
	7	93	3					
	12	100	2					
	12	88	4					
	18	87	3					
	26	82	8					
	10	92	2					
	13	91	4					
	13	94	3					
Planta 7	24	116	3	5	2,80	2,24	1,93	
	20	107	3					
	25	98	6					
	12	100	4					
	5	80	3					
	24	103	3					
	31	111	3					
	7	154	2					

Planta 8	11	151	4	7	2,70	2,59	2,56	
	5	72	2					
	34	124	7					
	14	111	3					
Planta 9	18	114	4	8	2,80	2,63	2,76	
	5	92	5					
	5	97	1					
	7	85	2					
	11	81	2					
	6	46	1					
	5	19	1					
	4	86	2					
	24,5	108	6					
	8	92	2					
	6	34	2					
Planta 10	19	97	3	6	2,20	2,60	2,36	
	10	64	2					
	16	68	2					
	14	41	3					
	5,5	52	2					
	26,5	97	1					
	15,5	85	3					
	11	80	2					
	13,5	81	1					
Planta 11	6,5	125	4	3	3,70	3,76	3,44	
	6	78	3					
	3,5	54	2					
	7,5	49	1					
	6	62	2					
	4	100	3					
	5	63	2					
	11,5	120	3					
	10	165	3					
	8,5	162	4					
	28	118	4					
	10,5	119	3					
	17	160	4					
	13,5	62	1					
Planta 12	17,5	95	3	6	3,70	2,32	2,64	
	12	85	7					
	8,5	86	1					
	29	93	3					
	9,5	114	2					
	7	56	2					
	5	67	1					
	6	93	3					
Planta 13	21,5	119	7	5	2,70	1,99	1,52	

Planta 14	28,5	13	5	3	2,60	2,35	2,20	
	23	103	3					
	21	113	2					
	8	45	2					
	8	68	1					
Planta 15	22	129	5	4	3,00	2,11	2,12	
	22	128	5					
	13	98	2					
	22,5	122	4					
	6	46	2					
Planta 16	11,5	98	3	5	3,20	2,68	2,64	
	15	93	2					
	26	77	3					
	5,5	83	2					
	8	83	1					
	4	37	2					
	14,5	88	1					
	5,5	110	2					
	13	64	1					
	8,5	78	1					
Planta 17	9	89	2	3	2,70	2,17	2,33	
	29	101	3					
	5	55	1					
	6	55	1					
	13	60	1					
	11	84	2					
	40,5	84	3					
Planta 18	35	137	4	3	3,00	2,52	3,39	
	9,5	94	1					
	32	110	2					
	8	61	2					
	12,5	68	3					
	5	95	1					
Planta 19	21	104	5	3	3,00	2,56	2,02	
	4	101	1					
	5	101	2					
	4,5	95	2					
	6,5	64	1					
	29,5	113	5					
	7,5	70	3					
	8	63	4					
	9	100	2					
	5	63	1					
	29	96	3					
	6,5	115	3					
	10	115	3					
	7	112	3					

	Planta 20	7	152	2	5	3,00	2,78	2,74	
		7	100	2					
		7	130	2					
		5,5	100	2					
		8,5	150	2					
		24,5	102	3					
		15,5	103	4					
		8	83	3					
		5,5	111	1					
		4	87	1					

ANEXO B. Área basal y volumen de troncos leñosos para 100 árboles.

Parcelas	**Plantas**	**Circunferencia (cm)**	**Diámetro (cm)**	**Radio (cm)**	**Área Basal (cm2)**	**Total área basal (cm2)**	**Longitud tallos (cm)**	**Volumen cilindro (cm3)**
1	Planta 1	41,2	13,11	6,56	135,08	181,07	36	4862,81
		24	7,64	3,82	45,84		130	5958,76
		1	0,32	0,16	0,08		108	8,59
		1	0,32	0,16	0,08		77	6,13
	Planta 2	31	9,87	4,93	76,47	94,46	79	6041,44
		15	4,77	2,39	17,90		98	1754,68
		1	0,32	0,16	0,08		93	7,40
	Planta 3	32	10,19	5,09	81,49	93,11	53	4318,83
		12	3,82	1,91	11,46		96	1100,08
		1	0,32	0,16	0,08		149	11,86
		1	0,32	0,16	0,08		120	9,55

	Planta 4	44	14,01	7,00	154,06	328,65	58	8935,60
		45	14,32	7,16	161,14		133	21432,20
		13	4,14	2,07	13,45		183	2461,09
	Planta 5	30	9,55	4,77	71,62	209,85	25	1790,49
		32	10,19	5,09	81,49		42	3422,47
		20	6,37	3,18	31,83		96	3055,77
		13	4,14	2,07	13,45		154	2071,08
		12	3,82	1,91	11,46		140	1604,28
	Planta 6	45	14,32	7,16	161,14	286,08	28	4512,04
		25	7,96	3,98	49,74		65	3232,83
		24	7,64	3,82	45,84		141	6462,96
		15	4,77	2,39	17,90		142	2542,50
		12	3,82	1,91	11,46		125	1432,39
	Planta 7	32	10,19	5,09	81,49	202,05	89	7252,37
		25	7,96	3,98	49,74		22	1094,19
		23	7,32	3,66	42,10		85	3578,20
		19	6,05	3,02	28,73		20	574,55
	Planta 8	28	8,91	4,46	62,39	236,98	97	6051,71
		18	5,73	2,86	25,78		20	515,66

		14	4,46	2,23	15,60		106	1653,30
		13	4,14	2,07	13,45		132	1775,21
		27	8,59	4,30	58,01		35	2030,42
		26	8,28	4,14	53,79		150	8069,16
		10	3,18	1,59	7,96		127	1010,63
	Planta 9	34	10,82	5,41	91,99	163,45	72	6623,39
		23	7,32	3,66	42,10		89	3746,59
		12	3,82	1,91	11,46		92	1054,24
		15	4,77	2,39	17,90		100	1790,49
	Planta 10	28	8,91	4,46	62,39	264,44	30	1871,66
		40	12,73	6,37	127,32		111	14132,96
		17	5,41	2,71	23,00		90	2069,81
		23	7,32	3,66	42,10		30	1262,89
		11	3,50	1,75	9,63		83	799,20
	Planta 11	33	10,50	5,25	86,66	145,95	33	2859,78
		12	3,82	1,91	11,46		83	951,11
		14	4,46	2,23	15,60		123	1918,45
		18	5,73	2,86	25,78		160	4125,30
		9	2,86	1,43	6,45		68	438,31

	Planta 12	34	10,82	5,41	91,99	200,46	70	6439,41
		32	10,19	5,09	81,49		90	7333,86
		17	5,41	2,71	23,00		145	3334,69
		5	1,59	0,80	1,99		25	49,74
		5	1,59	0,80	1,99		55	109,42
	Planta 13	30	9,55	4,77	71,62	145,39	24	1718,87
		16	5,09	2,55	20,37		46	937,10
		16	5,09	2,55	20,37		140	2852,06
		12	3,82	1,91	11,46		60	687,55
		10	3,18	1,59	7,96		80	636,62
		11	3,50	1,75	9,63		97	934,00
		5	1,59	0,80	1,99		21	41,78
		5	1,59	0,80	1,99		21	41,78
	Planta 14	30	9,55	4,77	71,62	244,06	28	2005,35
		17	5,41	2,71	23,00		123	2828,74
		30	9,55	4,77	71,62		16	1145,92
		18	5,73	2,86	25,78		122	3145,54
		23	7,32	3,66	42,10		18	757,74
		5	1,59	0,80	1,99		80	159,15

		10	3,18	1,59	7,96		95	755,99
	Planta 15	25	7,96	3,98	49,74	98,04	100	4973,59
		10	3,18	1,59	7,96		120	954,93
		3	0,95	0,48	0,72		60	42,97
		20	6,37	3,18	31,83		22	700,28
		3	0,95	0,48	0,72		83	59,44
		5	1,59	0,80	1,99		85	169,10
		8	2,55	1,27	5,09		20	101,86
	Planta 16	15	4,77	2,39	17,90	290,46	160	2864,79
		40	12,73	6,37	127,32		60	7639,44
		15	4,77	2,39	17,90		170	3043,84
		40	12,73	6,37	127,32		45	5729,58
	Planta 17	15	4,77	2,39	17,90	101,46	150	2685,74
		10	3,18	1,59	7,96		170	1352,82
		20	6,37	3,18	31,83		46	1464,23
		15	4,77	2,39	17,90		160	2864,79
		15	4,77	2,39	17,90		150	2685,74
		10	3,18	1,59	7,96		150	1193,66
		10	3,18	1,59	7,96	159,15	50	397,89

	Planta 18	10	3,18	1,59	7,96		110	875,35
		40	12,73	6,37	127,32		55	7002,82
		10	3,18	1,59	7,96		85	676,41
		10	3,18	1,59	7,96		130	1034,51
	Planta 19	29	9,23	4,62	66,92	208,17	85	5688,60
		30	9,55	4,77	71,62		44	3151,27
		15	4,77	2,39	17,90		170	3043,84
		25	7,96	3,98	49,74		80	3978,87
		5	1,59	0,80	1,99		138	274,54
	Planta 20	15	4,77	2,39	17,90	187,72	25	447,62
		10	3,18	1,59	7,96		118	939,01
		45	14,32	7,16	161,14		50	8057,22
		3	0,95	0,48	0,72		30	21,49
2	Planta 1	13	4,14	2,07	13,45	54,35	125	1681,07
		17	5,41	2,71	23,00		118	2713,75
		15	4,77	2,39	17,90		118	2112,78
	Planta 2	22	7,00	3,50	38,52	62,65	100	3851,55
		13,5	4,30	2,15	14,50		109	1580,83
		11	3,50	1,75	9,63		117	1126,58

	Planta 3	15,5	4,93	2,47	19,12	21,98	108	2064,80
		6	1,91	0,95	2,86		44	126,05
	Planta 4	8	2,55	1,27	5,09	13,63	118	600,97
		6,5	2,07	1,03	3,36		100	336,21
		7	2,23	1,11	3,90		111	432,82
		4	1,27	0,64	1,27		119	151,52
	Planta 5	24,5	7,80	3,90	47,77	62,99	122	5827,50
		7	2,23	1,11	3,90		116	452,32
		10	3,18	1,59	7,96		117	931,06
		6,5	2,07	1,03	3,36		110	369,84
	Planta 6	11,5	3,66	1,83	10,52	36,39	113	1189,23
		9	2,86	1,43	6,45		92	593,01
		12	3,82	1,91	11,46		110	1260,51
		10	3,18	1,59	7,96		300	2387,32
	Planta 7	7	2,23	1,11	3,90	18,30	42	163,77
		10	3,18	1,59	7,96		110	875,35
		9	2,86	1,43	6,45		101	651,02
	Planta 8	9,5	3,02	1,51	7,18	24,43	123	883,37
		11,5	3,66	1,83	10,52		129	1357,61

		6,5	2,07	1,03	3,36		120	403,46
		6,5	2,07	1,03	3,36		125	420,27
	Planta 9	17	5,41	2,71	23,00	46,17	116	2667,76
		14,5	4,62	2,31	16,73		119	1991,01
		9	2,86	1,43	6,45		112	721,93
	Planta 10	23	7,32	3,66	42,10	85,78	111	4672,71
		18	5,73	2,86	25,78		105	2707,23
		15	4,77	2,39	17,90		111	1987,45
	Planta 11	9,5	3,02	1,51	7,18	72,46	130	933,64
		27,5	8,75	4,38	60,18		125	7522,56
		8	2,55	1,27	5,09		137	697,74
	Planta 12	18,5	5,89	2,94	27,24	66,90	112	3050,36
		18,5	5,89	2,94	27,24		105	2859,72
		12,5	3,98	1,99	12,43		65	808,21
	Planta 13	14,5	4,62	2,31	16,73	103,39	109	1823,70
		33	10,50	5,25	86,66		88	7626,07
	Planta 14	15,5	4,93	2,47	19,12	120,30	125	2389,81
		12,5	3,98	1,99	12,43		115	1429,91
		20	6,37	3,18	31,83		108	3437,75

		10,5	3,34	1,67	8,77		115	1008,94
		22	7,00	3,50	38,52		70	2696,08
		11	3,50	1,75	9,63		113	1088,06
	Planta 15	8,5	2,71	1,35	5,75	158,56	134	770,43
		12,5	3,98	1,99	12,43		128	1591,55
		42	13,37	6,68	140,37		124	17406,46
	Planta 16	13	4,14	2,07	13,45	33,06	112	1506,24
		12,5	3,98	1,99	12,43		119	1479,64
		9,5	3,02	1,51	7,18		117	840,28
	Planta 17	15	4,77	2,39	17,90	72,59	118	2112,78
		15	4,77	2,39	17,90		108	1933,73
		21,5	6,84	3,42	36,78		111	4083,10
	Planta 18	19	6,05	3,02	28,73	70,76	120	3447,30
		16	5,09	2,55	20,37		109	2220,53
		16,5	5,25	2,63	21,66		118	2556,47
	Planta 19	5	1,59	0,80	1,99	14,20	107	212,87
		9	2,86	1,43	6,45		110	709,04
		5,5	1,75	0,88	2,41		109	262,39
		6,5	2,07	1,03	3,36		113	379,92

	Planta 20	16,5	5,25	2,63	21,66	82,64	114	2469,81
		10,5	3,34	1,67	8,77		127	1114,22
		16	5,09	2,55	20,37		113	2302,02
		20	6,37	3,18	31,83		115	3660,56
3	Planta 1	24	7,64	3,82	45,84	71,62	120	5500,39
		8	2,55	1,27	5,09		94	478,74
		10	3,18	1,59	7,96		99	787,82
		12	3,82	1,91	11,46		111	1271,97
		4	1,27	0,64	1,27		101	128,60
	Planta 2	15	4,77	2,39	17,90	50,69	115	2059,07
		7	2,23	1,11	3,90		113	440,62
		5	1,59	0,80	1,99		54	107,43
		8	2,55	1,27	5,09		95	483,83
		7	2,23	1,11	3,90		156	608,29
		15	4,77	2,39	17,90		113	2023,26
	Planta 3	14	4,46	2,23	15,60	116,98	105	1637,70
		24	7,64	3,82	45,84		123	5637,90
		13	4,14	2,07	13,45		80	1075,89
		23	7,32	3,66	42,10		94	3957,07

	Planta 4	12	3,82	1,91	11,46	193,05	73	836,52
		24	7,64	3,82	45,84		110	5042,03
		9	2,86	1,43	6,45		98	631,69
		20	6,37	3,18	31,83		92	2928,45
		35	11,14	5,57	97,48		85	8286,00
	Planta 5	10	3,18	1,59	7,96	102,97	97	771,90
		18	5,73	2,86	25,78		87	2243,13
		14	4,46	2,23	15,60		95	1481,73
		19	6,05	3,02	28,73		95	2729,11
		12	3,82	1,91	11,46		93	1065,70
		13	4,14	2,07	13,45		36	484,15
	Planta 6	18	5,73	2,86	25,78	38,71	120	3093,97
		8,5	2,71	1,35	5,75		108	620,94
		9,5	3,02	1,51	7,18		114	818,73
	Planta 7	9,5	3,02	1,51	7,18	49,14	52	373,46
		13	4,14	2,07	13,45		123	1654,18
		12	3,82	1,91	11,46		73	836,52
		10	3,18	1,59	7,96		123	978,80
		6,5	2,07	1,03	3,36		116	390,01

		6	1,91	0,95	2,86		110	315,13
		6	1,91	0,95	2,86		65	186,21
	Planta 8	15	4,77	2,39	17,90	226,04	100	1790,49
		29	9,23	4,62	66,92		110	7361,71
		15,5	4,93	2,47	19,12		90	1720,66
		9,5	3,02	1,51	7,18		80	574,55
		38	12,10	6,05	114,91		120	13789,18
	Planta 9	25	7,96	3,98	49,74	180,62	110	5470,95
		11,5	3,66	1,83	10,52		100	1052,41
		5	1,59	0,80	1,99		62	123,35
		6	1,91	0,95	2,86		32	91,67
		7	2,23	1,11	3,90		100	389,93
		29	9,23	4,62	66,92		115	7696,34
		22,5	7,16	3,58	40,29		100	4028,61
		5,5	1,75	0,88	2,41		76	182,95
		5	1,59	0,80	1,99		76	151,20
	Planta 10	24,5	7,80	3,90	47,77	140,22	110	5254,30
		17	5,41	2,71	23,00		100	2299,79
		9	2,86	1,43	6,45		100	644,58

		8	2,55	1,27	5,09		110	560,23
		9	2,86	1,43	6,45		80	515,66
		5	1,59	0,80	1,99		80	159,15
		5,5	1,75	0,88	2,41		80	192,58
		21	6,68	3,34	35,09		105	3684,83
		6	1,91	0,95	2,86		100	286,48
		6,5	2,07	1,03	3,36		97	326,13
		8,5	2,71	1,35	5,75		69	396,71
	Planta 11	29	9,23	4,62	66,92	221,62	125	8365,58
		13	4,14	2,07	13,45		113	1519,69
		6	1,91	0,95	2,86		110	315,13
		7	2,23	1,11	3,90		50	194,96
		31	9,87	4,93	76,47		120	9176,87
		27	8,59	4,30	58,01		125	7251,50
	Planta 12	22	7,00	3,50	38,52	105,20	120	4621,86
		19	6,05	3,02	28,73		110	3160,02
		10	3,18	1,59	7,96		80	636,62
		14	4,46	2,23	15,60		108	1684,50
		9	2,86	1,43	6,45		67	431,87

		10	3,18	1,59	7,96		130	1034,51
	Planta 13	17	5,41	2,71	23,00	113,32	110	2529,77
		24	7,64	3,82	45,84		135	6187,94
		10	3,18	1,59	7,96		87	692,32
		13	4,14	2,07	13,45		120	1613,83
		13	4,14	2,07	13,45		106	1425,55
		11	3,50	1,75	9,63		110	1059,18
	Planta 14	26	8,28	4,14	53,79	164,33	64	3442,84
		17	5,41	2,71	23,00		113	2598,76
		6	1,91	0,95	2,86		105	300,80
		30	9,55	4,77	71,62		131	9382,18
		10	3,18	1,59	7,96		38	302,39
		8	2,55	1,27	5,09		52	264,83
	Planta 15	21	6,68	3,34	35,09	71,54	136	4772,74
		15	4,77	2,39	17,90		80	1432,39
		8	2,55	1,27	5,09		103	524,57
		13	4,14	2,07	13,45		105	1412,10
	Planta 16	8	2,55	1,27	5,09	106,49	137	697,74
		14	4,46	2,23	15,60		125	1949,65

		12	3,82	1,91	11,46		20	229,18
		20	6,37	3,18	31,83		125	3978,87
		18	5,73	2,86	25,78		140	3609,63
		10,5	3,34	1,67	8,77		50	438,67
		10	3,18	1,59	7,96		27	214,86
	Planta 17	24	7,64	3,82	45,84	103,01	145	6646,31
		10	3,18	1,59	7,96		75	596,83
		10,5	3,34	1,67	8,77		50	438,67
		20	6,37	3,18	31,83		110	3501,41
		8,5	2,71	1,35	5,75		124	712,93
		6	1,91	0,95	2,86		40	114,59
	Planta 18	10	3,18	1,59	7,96	165,60	120	954,93
		37	11,78	5,89	108,94		99	10785,21
		6	1,91	0,95	2,86		66	189,08
		24	7,64	3,82	45,84		89	4079,46
	Planta 19	19	6,05	3,02	28,73	215,24	125	3590,93
		19,5	6,21	3,10	30,26		70	2118,15
		7	2,23	1,11	3,90		50	194,96
		29	9,23	4,62	66,92		110	7361,71

		31	9,87	4,93	76,47		145	11088,72
		7,5	2,39	1,19	4,48		110	492,39
		7,5	2,39	1,19	4,48		80	358,10
	Planta 20	17	5,41	2,71	23,00	155,97	119	2736,75
		25	7,96	3,98	49,74		116	5769,37
		29	9,23	4,62	66,92		126	8432,51
		6	1,91	0,95	2,86		76	217,72
		13	4,14	2,07	13,45		113	1519,69
4	Planta 1	9	2,86	1,43	6,45	43,93	90	580,12
		5	1,59	0,80	1,99		75	149,21
		6	1,91	0,95	2,86		48	137,51
		19	6,05	3,02	28,73		68	1953,47
		7	2,23	1,11	3,90		47	183,27
	Planta 2	28	8,91	4,46	62,39	86,42	27	1684,50
		5	1,59	0,80	1,99		42	83,56
		8	2,55	1,27	5,09		30	152,79
		8	2,55	1,27	5,09		84	427,81
		7	2,23	1,11	3,90		90	350,94
		10	3,18	1,59	7,96		99	787,82

	Planta 3	6	1,91	0,95	2,86	12,81	75	214,86
		6	1,91	0,95	2,86		80	229,18
		8	2,55	1,27	5,09		42	213,90
		5	1,59	0,80	1,99		78	155,18
	Planta 4	8	2,55	1,27	5,09	66,45	103	524,57
		8	2,55	1,27	5,09		80	407,44
		5	1,59	0,80	1,99		30	59,68
		22	7,00	3,50	38,52		98	3774,52
		9	2,86	1,43	6,45		76	489,88
		9	2,86	1,43	6,45		88	567,23
		6	1,91	0,95	2,86		76	217,72
	Planta 5	6	1,91	0,95	2,86	147,54	41	117,46
		4	1,27	0,64	1,27		43	54,75
		11	3,50	1,75	9,63		140	1348,04
		41	13,05	6,53	133,77		104	13912,05
	Planta 6	16	5,09	2,55	20,37	98,36	56	1140,82
		4,5	1,43	0,72	1,61		27	43,51
		6	1,91	0,95	2,86		42	120,32
		7	2,23	1,11	3,90		30	116,98

		5	1,59	0,80	1,99		50	99,47
		8	2,55	1,27	5,09		39	198,63
		9	2,86	1,43	6,45		75	483,43
		18,5	5,89	2,94	27,24		85	2315,01
		18,5	5,89	2,94	27,24		277	7544,20
		4,5	1,43	0,72	1,61		60	96,69
	Planta 7	14,5	4,62	2,31	16,73	99,29	58	970,41
		5	1,59	0,80	1,99		72	143,24
		10	3,18	1,59	7,96		70	557,04
		11	3,50	1,75	9,63		80	770,31
		25,5	8,12	4,06	51,75		110	5691,98
		7	2,23	1,11	3,90		40	155,97
		6	1,91	0,95	2,86		90	257,83
		7,5	2,39	1,19	4,48		75	335,72
	Planta 8	18	5,73	2,86	25,78	85,76	67	1727,47
		16	5,09	2,55	20,37		60	1222,31
		13,5	4,30	2,15	14,50		80	1160,24
		10,5	3,34	1,67	8,77		80	701,87
		7	2,23	1,11	3,90		70	272,95

		12,5	3,98	1,99	12,43		83	1032,02
	Planta 9	28,5	9,07	4,54	64,64	161,50	115	7433,23
		22	7,00	3,50	38,52		102	3928,58
		12	3,82	1,91	11,46		70	802,14
		22	7,00	3,50	38,52		10	385,15
		7,5	2,39	1,19	4,48		97	434,19
		7	2,23	1,11	3,90		80	311,94
	Planta 10	18	5,73	2,86	25,78	113,00	140	3609,63
		32	10,19	5,09	81,49		110	8963,61
		6	1,91	0,95	2,86		65	186,21
		6	1,91	0,95	2,86		65	186,21
	Planta 11	12	3,82	1,91	11,46	268,41	60	687,55
		13	4,14	2,07	13,45		59	793,47
		7	2,23	1,11	3,90		49	191,07
		19	6,05	3,02	28,73		58	1666,19
		25	7,96	3,98	49,74		115	5719,63
		45	14,32	7,16	161,14		76	12246,97
	Planta 12	14	4,46	2,23	15,60	139,02	72	1123,00
		21	6,68	3,34	35,09		90	3158,43

		5	1,59	0,80	1,99		71	141,25
		8	2,55	1,27	5,09		66	336,14
		11	3,50	1,75	9,63		68	654,76
		4	1,27	0,64	1,27		55	70,03
		8	2,55	1,27	5,09		57	290,30
		6	1,91	0,95	2,86		32	91,67
		28	8,91	4,46	62,39		18	1123,00
	Planta 13	10	3,18	1,59	7,96	81,73	98	779,86
		8	2,55	1,27	5,09		70	356,51
		15	4,77	2,39	17,90		80	1432,39
		20	6,37	3,18	31,83		45	1432,39
		6	1,91	0,95	2,86		72	206,26
		9	2,86	1,43	6,45		40	257,83
		11	3,50	1,75	9,63		80	770,31
	Planta 14	6	1,91	0,95	2,86	84,67	50	143,24
		6	1,91	0,95	2,86		32	91,67
		8	2,55	1,27	5,09		42	213,90
		12	3,82	1,91	11,46		80	916,73
		28	8,91	4,46	62,39		21	1310,16

	Planta 15	29	9,23	4,62	66,92	169,74	120	8030,96
		9	2,86	1,43	6,45		106	683,25
		15	4,77	2,39	17,90		57	1020,58
		22	7,00	3,50	38,52		31	1193,98
		6	1,91	0,95	2,86		70	200,54
		21	6,68	3,34	35,09		44	1544,12
		5	1,59	0,80	1,99		41	81,57
	Planta 16	25,5	8,12	4,06	51,75	109,96	80	4139,62
		17	5,41	2,71	23,00		80	1839,83
		8,5	2,71	1,35	5,75		76	436,96
		14	4,46	2,23	15,60		70	1091,80
		8	2,55	1,27	5,09		100	509,30
		10,5	3,34	1,67	8,77		76	666,78
	Planta 17	18	5,73	2,86	25,78	152,47	65	1675,90
		13	4,14	2,07	13,45		85	1143,13
		21	6,68	3,34	35,09		84	2947,87
		15	4,77	2,39	17,90		27	483,43
		5	1,59	0,80	1,99		26	51,73
		14	4,46	2,23	15,60		55	857,85

		5	1,59	0,80	1,99		64	127,32
		16	5,09	2,55	20,37		75	1527,89
		7	2,23	1,11	3,90		62	241,76
		9	2,86	1,43	6,45		57	367,41
		10	3,18	1,59	7,96		64	509,30
		5	1,59	0,80	1,99		72	143,24
	Planta 18	13	4,14	2,07	13,45	122,95	60	806,92
		9,5	3,02	1,51	7,18		100	718,19
		13,5	4,30	2,15	14,50		60	870,18
		16,5	5,25	2,63	21,66		76	1646,54
		10,5	3,34	1,67	8,77		80	701,87
		8	2,55	1,27	5,09		80	407,44
		24	7,64	3,82	45,84		99	4537,83
		9	2,86	1,43	6,45		76	489,88
	Planta 19	18	5,73	2,86	25,78	82,36	70	1804,82
		10	3,18	1,59	7,96		102	811,69
		21	6,68	3,34	35,09		76	2667,12
		11	3,50	1,75	9,63		84	808,83
		7	2,23	1,11	3,90		76	296,35

	Planta 20	32	10,19	5,09	81,49	100,84	80	6518,99
		13,5	4,30	2,15	14,50		50	725,15
		5	1,59	0,80	1,99		46	91,51
		6	1,91	0,95	2,86		50	143,24
5	Planta 1	26	8,28	4,14	53,79	172,92	111	5971,18
		24	7,64	3,82	45,84		111	5087,87
		16	5,09	2,55	20,37		94	1914,95
		23	7,32	3,66	42,10		113	4756,90
		10	3,18	1,59	7,96		98	779,86
		6	1,91	0,95	2,86		46	131,78
	Planta 2	14	4,46	2,23	15,60	39,97	108	1684,50
		17,5	5,57	2,79	24,37		114	2778,25
	Planta 3	22	7,00	3,50	38,52	114,19	98	3774,52
		21	6,68	3,34	35,09		76	2667,12
		19	6,05	3,02	28,73		83	2384,38
		10	3,18	1,59	7,96		85	676,41
		7	2,23	1,11	3,90		85	331,44
	Planta 4	15	4,77	2,39	17,90	113,40	68	1217,54
		8	2,55	1,27	5,09		87	443,09

		12	3,82	1,91	11,46		60	687,55
		8	2,55	1,27	5,09		152	774,13
		8	2,55	1,27	5,09		71	361,60
		21	6,68	3,34	35,09		85	2982,96
		7	2,23	1,11	3,90		97	378,23
		6	1,91	0,95	2,86		86	246,37
		12	3,82	1,91	11,46		43	492,74
		5	1,59	0,80	1,99		76	151,20
		13	4,14	2,07	13,45		83	1116,23
	Planta 5	26	8,28	4,14	53,79	141,89	100	5379,44
		24	7,64	3,82	45,84		85	3896,11
		13	4,14	2,07	13,45		75	1008,64
		8	2,55	1,27	5,09		156	794,50
		9	2,86	1,43	6,45		58	373,85
		9	2,86	1,43	6,45		107	689,70
		8	2,55	1,27	5,09		109	555,13
		6	1,91	0,95	2,86		82	234,91
		6	1,91	0,95	2,86		48	137,51
		15	4,77	2,39	17,90	183,51	89	1593,54

	Planta 6	12	3,82	1,91	11,46		170	1948,06
		9	2,86	1,43	6,45		89	573,67
		9	2,86	1,43	6,45		109	702,59
		7	2,23	1,11	3,90		93	362,63
		12	3,82	1,91	11,46		100	1145,92
		12	3,82	1,91	11,46		88	1008,41
		18	5,73	2,86	25,78		87	2243,13
		26	8,28	4,14	53,79		82	4411,14
		10	3,18	1,59	7,96		92	732,11
		13	4,14	2,07	13,45		91	1223,82
		13	4,14	2,07	13,45		94	1264,17
	Planta 7	24	7,64	3,82	45,84	140,85	116	5317,05
		20	6,37	3,18	31,83		107	3405,92
		25	7,96	3,98	49,74		98	4874,12
		12	3,82	1,91	11,46		100	1145,92
		5	1,59	0,80	1,99		80	159,15
	Planta 8	24	7,64	3,82	45,84	245,42	103	4721,17
		31	9,87	4,93	76,47		111	8488,61
		7	2,23	1,11	3,90		154	600,49

		11	3,50	1,75	9,63		151	1453,96
		5	1,59	0,80	1,99		72	143,24
		34	10,82	5,41	91,99		124	11406,95
		14	4,46	2,23	15,60		111	1731,29
	Planta 9	18	5,73	2,86	25,78	105,14	114	2939,27
		5	1,59	0,80	1,99		92	183,03
		5	1,59	0,80	1,99		97	192,98
		7	2,23	1,11	3,90		85	331,44
		11	3,50	1,75	9,63		81	779,94
		6	1,91	0,95	2,86		46	131,78
		5	1,59	0,80	1,99		19	37,80
		4	1,27	0,64	1,27		86	109,50
		24,5	7,80	3,90	47,77		108	5158,77
		8	2,55	1,27	5,09		92	468,55
		6	1,91	0,95	2,86		34	97,40
	Planta 10	19	6,05	3,02	28,73	174,20	97	2786,56
		10	3,18	1,59	7,96		64	509,30
		16	5,09	2,55	20,37		68	1385,28
		14	4,46	2,23	15,60		41	639,48

		5,5	1,75	0,88	2,41		52	125,18
		26,5	8,44	4,22	55,88		97	5420,68
		15,5	4,93	2,47	19,12		85	1625,07
		11	3,50	1,75	9,63		80	770,31
		13,5	4,30	2,15	14,50		81	1174,74
	Planta 11	6,5	2,07	1,03	3,36	150,70	125	420,27
		6	1,91	0,95	2,86		78	223,45
		3,5	1,11	0,56	0,97		54	52,64
		7,5	2,39	1,19	4,48		49	219,34
		6	1,91	0,95	2,86		62	177,62
		4	1,27	0,64	1,27		100	127,32
		5	1,59	0,80	1,99		63	125,33
		11,5	3,66	1,83	10,52		120	1262,89
		10	3,18	1,59	7,96		165	1313,03
		8,5	2,71	1,35	5,75		162	931,41
		28	8,91	4,46	62,39		118	7361,87
		10,5	3,34	1,67	8,77		119	1044,04
		17	5,41	2,71	23,00		160	3679,66
		13,5	4,30	2,15	14,50		62	899,19

	Planta 12	17,5	5,57	2,79	24,37	124,44	95	2315,21
		12	3,82	1,91	11,46		85	974,03
		8,5	2,71	1,35	5,75		86	494,45
		29	9,23	4,62	66,92		93	6223,99
		9,5	3,02	1,51	7,18		114	818,73
		7	2,23	1,11	3,90		56	218,36
		5	1,59	0,80	1,99		67	133,29
		6	1,91	0,95	2,86		93	266,43
	Planta 13	21,5	6,84	3,42	36,78	36,78	119	4377,38
	Planta 14	28,5	9,07	4,54	64,64	152,01	13	840,28
		23	7,32	3,66	42,10		103	4335,94
		21	6,68	3,34	35,09		113	3965,58
		8	2,55	1,27	5,09		45	229,18
		8	2,55	1,27	5,09		68	346,32
	Planta 15	22	7,00	3,50	38,52	133,63	129	4968,50
		22	7,00	3,50	38,52		128	4929,98
		13	4,14	2,07	13,45		98	1317,96
		22,5	7,16	3,58	40,29		122	4914,90

		6	1,91	0,95	2,86		46	131,78
	Planta 16	11,5	3,66	1,83	10,52	129,33	98	1031,36
		15	4,77	2,39	17,90		93	1665,16
		26	8,28	4,14	53,79		77	4142,17
		5,5	1,75	0,88	2,41		83	199,80
		8	2,55	1,27	5,09		83	422,72
		4	1,27	0,64	1,27		37	47,11
		14,5	4,62	2,31	16,73		88	1472,34
		5,5	1,75	0,88	2,41		110	264,79
		13	4,14	2,07	13,45		64	860,71
		8,5	2,71	1,35	5,75		78	448,46
	Planta 17	9	2,86	1,43	6,45	231,83	89	573,67
		29	9,23	4,62	66,92		101	6759,39
		5	1,59	0,80	1,99		55	109,42
		6	1,91	0,95	2,86		55	157,56
		13	4,14	2,07	13,45		60	806,92
		11	3,50	1,75	9,63		84	808,83
		40,5	12,89	6,45	130,53		84	10964,26
		35	11,14	5,57	97,48	205,67	137	13355,09

	Planta 18	9,5	3,02	1,51	7,18		94	675,10
		32	10,19	5,09	81,49		110	8963,61
		8	2,55	1,27	5,09		61	310,67
		12,5	3,98	1,99	12,43		68	845,51
		5	1,59	0,80	1,99		95	189,00
	Planta 19	21	6,68	3,34	35,09	130,59	104	3649,74
		4	1,27	0,64	1,27		101	128,60
		5	1,59	0,80	1,99		101	200,93
		4,5	1,43	0,72	1,61		95	153,09
		6,5	2,07	1,03	3,36		64	215,18
		29,5	9,39	4,70	69,25		113	7825,51
		7,5	2,39	1,19	4,48		70	313,34
		8	2,55	1,27	5,09		63	320,86
		9	2,86	1,43	6,45		100	644,58
		5	1,59	0,80	1,99		63	125,33
	Planta 20	29	9,23	4,62	66,92	177,66	96	6424,77
		6,5	2,07	1,03	3,36		115	386,65
		10	3,18	1,59	7,96		115	915,14
		7	2,23	1,11	3,90		112	436,72

		7	2,23	1,11	3,90		152	592,69
		7	2,23	1,11	3,90		100	389,93
		7	2,23	1,11	3,90		130	506,91
		5,5	1,75	0,88	2,41		100	240,72
		8,5	2,71	1,35	5,75		150	862,42
		24,5	7,80	3,90	47,77		102	4872,17
		15,5	4,93	2,47	19,12		103	1969,20
		8	2,55	1,27	5,09		83	422,72
		5,5	1,75	0,88	2,41		111	267,20
		4	1,27	0,64	1,27		87	110,77

ANEXO C. Área basal y volumen de la copa para los 100 árboles.

Parcelas	**Plantas**	**Diámetro medio de copa (m)**	**Radio (m)**	**Área basal copa (m2)**	**Altura total (m)**	**Volúmen cilindro (m3)**	**Volúmen copa fm 0,7 (m3)**
1	1	1,30	0,65	1,33	2,70	3,58	2,40
	2	1,10	0,55	0,95	2,20	2,09	1,40
	3	1,05	0,53	0,87	1,95	1,69	1,13
	4	1,59	0,80	1,99	2,60	5,16	3,46

	5	1,33	0,66	1,38	2,10	2,90	1,94
	6	1,54	0,77	1,86	2,50	4,66	3,12
	7	1,51	0,75	1,78	2,25	4,00	2,68
	8	1,84	0,92	2,64	3,25	8,59	5,76
	9	1,72	0,86	2,31	2,30	5,31	3,56
	10	1,54	0,77	1,86	2,60	4,84	3,24
	11	1,49	0,74	1,73	2,20	3,81	2,55
	12	1,62	0,81	2,05	2,30	4,71	3,16
	13	1,56	0,78	1,91	2,60	4,97	3,33
	14	1,63	0,81	2,07	2,70	5,60	3,75
	15	1,55	0,78	1,89	2,50	4,72	3,16
	16	2,05	1,03	3,30	3,25	10,73	7,19
	17	2,00	1,00	3,14	3,00	9,42	6,31
	18	2,10	1,05	3,46	2,75	9,52	6,38
	19	1,71	0,85	2,28	2,25	5,14	3,44
	20	1,73	0,86	2,34	3,00	7,01	4,70
2	1	2,08	1,04	3,38	3,00	10,14	6,80
	2	2,72	1,36	5,81	3,50	20,34	13,63
	3	2,28	1,14	4,08	3,00	12,25	8,21

	4	2,45	1,22	4,70	3,50	16,43	11,01
	5	2,90	1,45	6,61	4,00	26,42	17,70
	6	3,09	1,55	7,50	3,50	26,25	17,59
	7	2,65	1,33	5,52	3,50	19,30	12,93
	8	2,46	1,23	4,75	2,70	12,83	8,60
	9	2,51	1,26	4,95	2,80	13,85	9,28
	10	2,36	1,18	4,37	2,20	9,62	6,45
	11	1,81	0,90	2,56	3,70	9,47	6,34
	12	1,98	0,99	3,06	3,70	11,34	7,59
	13	2,31	1,16	4,19	2,70	11,32	7,58
	14	2,49	1,25	4,87	2,60	12,66	8,48
	15	2,47	1,23	4,77	3,00	14,32	9,59
	16	2,07	1,04	3,37	3,20	10,77	7,22
	17	2,45	1,22	4,70	2,80	13,15	8,81
	18	2,33	1,17	4,26	3,00	12,79	8,57
	19	1,90	0,95	2,84	3,00	8,51	5,70
	20	2,25	1,13	3,98	3,00	11,93	7,99
3	1	1,93	0,96	2,91	2,60	7,57	5,07
	2	2,64	1,32	5,45	3,50	19,09	12,79

	3	2,55	1,28	5,11	3,80	19,41	13,00
	4	3,39	1,70	9,03	4,00	36,10	24,19
	5	3,40	1,70	9,08	4,30	39,04	26,16
	6	1,63	0,81	2,07	2,20	4,56	3,06
	7	2,00	1,00	3,14	2,30	7,23	4,84
	8	2,58	1,29	5,21	4,20	21,87	14,65
	9	2,50	1,25	4,91	3,10	15,22	10,20
	10	2,40	1,20	4,52	3,50	15,83	10,61
	11	1,95	0,98	2,99	3,80	11,35	7,60
	12	3,55	1,78	9,90	4,80	47,51	31,83
	13	3,24	1,62	8,24	4,30	35,45	23,75
	14	2,45	1,23	4,71	3,50	16,50	11,06
	15	2,40	1,20	4,52	4,00	18,10	12,12
	16	2,05	1,03	3,30	3,10	10,23	6,86
	17	2,70	1,35	5,73	3,80	21,76	14,58
	18	2,80	1,40	6,16	4,60	28,32	18,98
	19	2,48	1,24	4,81	4,10	19,73	13,22
	20	2,45	1,23	4,71	3,50	16,50	11,06
4	1	2,84	1,42	6,33	3,50	22,17	14,85

	2	2,70	1,35	5,73	3,30	18,89	12,66
	3	2,45	1,23	4,71	3,10	14,61	9,79
	4	2,85	1,43	6,38	4,00	25,52	17,10
	5	2,70	1,35	5,73	5,00	28,63	19,18
	6	2,20	1,10	3,80	3,50	13,30	8,91
	7	2,35	1,18	4,34	3,00	13,01	8,72
	8	2,20	1,10	3,80	2,30	8,74	5,86
	9	2,40	1,20	4,52	4,10	18,55	12,43
	10	1,90	0,95	2,84	3,50	9,92	6,65
	11	2,55	1,28	5,11	4,00	20,43	13,69
	12	2,80	1,40	6,16	3,30	20,32	13,61
	13	3,15	1,58	7,79	4,20	32,73	21,93
	14	2,90	1,45	6,61	3,00	19,82	13,28
	15	3,15	1,58	7,79	2,90	22,60	15,14
	16	2,55	1,28	5,11	3,50	17,87	11,98
	17	2,60	1,30	5,31	5,00	26,55	17,79
	18	3,00	1,50	7,07	4,10	28,98	19,42
	19	3,05	1,53	7,31	4,00	29,22	19,58
	20	2,30	1,15	4,15	3,00	12,46	8,35

5	1	2,15	1,07	3,61	3,50	12,65	8,47
	2	1,73	0,87	2,35	2,70	6,35	4,25
	3	2,50	1,25	4,89	3,00	14,67	9,83
	4	2,74	1,37	5,87	3,50	20,56	13,78
	5	2,77	1,38	6,00	4,00	24,02	16,09
	6	2,90	1,45	6,58	3,50	23,04	15,44
	7	2,09	1,04	3,41	3,50	11,95	8,01
	8	2,58	1,29	5,21	2,70	14,06	9,42
	9	2,70	1,35	5,70	2,80	15,97	10,70
	10	2,48	1,24	4,83	2,20	10,63	7,12
	11	3,60	1,80	10,18	3,70	37,66	25,23
	12	2,48	1,24	4,83	3,70	17,87	11,97
	13	1,76	0,88	2,42	2,70	6,53	4,38
	14	2,28	1,14	4,06	2,60	10,57	7,08
	15	2,12	1,06	3,51	3,00	10,54	7,06
	16	2,66	1,33	5,56	3,20	17,78	11,91
	17	2,25	1,13	3,98	2,80	11,13	7,46
	18	2,96	1,48	6,86	3,00	20,57	13,78
	19	2,29	1,15	4,12	3,00	12,36	8,28
	20	2,76	1,38	5,98	3,00	17,95	12,03

ANEXO D. Cálculo del peso seco total de hojas por árbol.

Parcelas	Plantas	Total hojas en húmedo (kg)	Hojas en húmedo muestra (kg)	Hojas en seco muestras (kg)	Contenido de humedad %	% Humedad H20	Peso seco total (kg)
	Planta 5	1,725	0,084	0,025	70,72	1,22	0,505
	Planta 10	2,315	0,084	0,026	69,19	1,60	0,713
	Planta 14	1,995	0,081	0,026	68,26	1,36	0,633
1	Planta 16	3,505	0,095	0,031	67,06	2,35	1,155
	Planta 1	3,035	0,133	0,040	70,19	2,13	0,905
	Planta 4	1,825	0,108	0,034	68,39	1,25	0,577
	Planta 16	5,375	0,124	0,041	66,80	3,59	1,785
2	Planta 19	4,585	0,116	0,037	67,81	3,11	1,476
	Planta 4	7,570	0,109	0,037	66,40	5,03	2,544
	Planta 7	2,365	0,103	0,035	65,47	1,55	0,817
	Planta 12	6,425	0,114	0,038	66,74	4,29	2,137
3	Planta 16	2,880	0,098	0,032	67,69	1,95	0,930
	Planta 2	4,660	0,108	0,035	67,87	3,16	1,497
	Planta 6	3,840	0,115	0,037	67,73	2,60	1,239
	Planta 13	3,500	0,100	0,039	61,34	2,15	1,353
4	Planta 16	2,035	0,100	0,036	64,17	1,31	0,729
	Planta 7	1,875	0,119	0,039	67,19	1,26	0,615
	Planta 10	1,085	0,119	0,045	62,18	0,67	0,410
	Planta 13	2,315	0,126	0,039	68,78	1,59	0,723
5	Planta 17	1,425	0,120	0,040	66,77	0,95	0,473
				TOTAL	67,04		

ANEXO E. Cálculo peso seco total ramas verdes.

Parcelas	Plantas	Total ramas verdes en húmedo (kg)	Ramas verdes en seco (kg)	Contenido de humedad %	% Humedad H20	Peso seco total (kg)
	Planta 5	1,180	0,025	65,040	0,767	0,413
	Planta 10	2,090	0,026	65,040	1,359	0,731
	Planta 14	1,585	0,026	65,040	1,031	0,554
1	Planta 16	2,675	0,031	65,040	1,740	0,935
	Planta 1	2,940	0,165	65,040	1,912	1,028
	Planta 4	1,455	0,179	65,040	0,946	0,509
	Planta 16	4,155	0,146	65,040	2,702	1,453
2	Planta 19	5,410	0,163	65,040	3,519	1,891
	Planta 4	8,895	0,109	65,040	5,785	3,110
	Planta 7	2,025	0,152	65,040	1,317	0,708
	Planta 12	7,255	0,157	65,040	4,719	2,536
3	Planta 16	2,215	0,153	65,040	1,441	0,774
	Planta 2	5,255	0,182	65,040	3,418	1,837
	Planta 6	4,355	0,203	65,040	2,832	1,523
	Planta 13	6,410	0,162	65,040	4,169	2,241
4	Planta 16	2,390	0,199	65,040	1,554	0,836
	Planta 7	1,265	0,232	65,040	0,823	0,442
	Planta 10	0,750	0,173	65,040	0,488	0,262
	Planta 13	1,950	0,217	65,040	1,268	0,682
5	Planta 17	0,960	0,182	65,040	0,624	0,336
			TOTAL	65,040		

*De las 20 plantas de cada parcela se tomaron 4 al azar para su cosecha y determinación de biomasa aérea (total 20 árboles).

ANEXO F. Cálculo peso seco troncos

Parcelas	Plantas	Total peso en húmedo troncos (kg)	Peso en húmedo muestra troncos (g)	Peso en seco muestra troncos (g)	Contenido de humedad %	% Humedad H2O	Peso seco total (kg)
	Planta 5	7,785	303,07	80,36	73,48	5,72	2,06
	Planta 10	10,015	467,40	243,74	47,85	4,79	5,22
	Planta 14	8,265	401,66	180,46	55,07	4,55	3,71
1	Planta 16	18,885	313,14	98,63	68,50	12,94	5,95
	Planta 1	6,550	266,33	41,99	84,24	5,52	1,03
	Planta 4	6,085	244,08	19,74	91,91	5,59	0,49
	Planta 16	8,115	324,58	102,99	68,27	5,54	2,57
2	Planta 19	6,755	272,02	47,68	82,47	5,57	1,18
	Planta 4	14,25	331,98	107,22	67,70	9,65	4,60
	Planta 7	2,70	263,25	38,91	85,22	2,30	0,40
	Planta 12	11,59	322,28	100,17	68,92	7,99	3,60
3	Planta 16	8,525	266,30	42,03	84,22	7,18	1,35
	Planta 2	12,70	397,40	173,64	56,31	7,15	5,55
	Planta 6	5,900	290,31	66,06	77,24	4,56	1,34
	Planta 13	6,640	350,85	127,27	63,73	4,23	2,41
4	Planta 16	4,030	318,39	95,35	70,05	2,82	1,21
	Planta 7	3,455	282,98	58,73	79,25	2,74	0,72
	Planta 10	2,985	302,68	78,62	74,03	2,21	0,78
	Planta 13	2,785	297,94	76,34	74,38	2,07	0,71
5	Planta 17	1,895	326,45	107,76	66,99	1,27	0,63
				TOTAL	71,99		

ANEXO G. Promedio densidad de troncos

Parcelas	Troncos seco-muestra A (g)	Troncos seco-muestra B (g)	Troncos seco-muestra C (g)	Troncos seco-muestra D (g)	Vol cm3 _A	Vol cm3 _B	Vol cm3 _C	Vol cm3-D	Densida d g/cm3 _A	Densida d g/cm3 _B	Densida d g/cm3 _C	Densida d g/cm3 _D	Promedio de densidad g/cm3
	128,95	31,77			212	47			0,61	0,68			0,64
	255,10	70,66	405,46		450	135	674		0,57	0,52	0,60		0,56
	91,10	269,82			154	527			0,59	0,51			0,55
1	96,22	101,04			169	170			0,57	0,59			0,58
	50,63	33,34				50				0,67			0,67
	18,60	20,87			40				0,47				0,47
2	49,43	45,92				80				0,57			0,57
	135,29	53,54	31,38	208,65			48	346			0,65	0,60	0,63
	57,50	18,49	40,74			35	67			0,53	0,61		0,57
	98,22	63,66	38,18	200,62	196	104	58		0,50	0,61	0,66		0,59
3	74,62	54,56	29,59	9,35		80	58	23		0,68	0,51	0,41	0,53
	273,67	73,61			462	120			0,59	0,61			0,60
	57,14	76,85	64,19		104	170	115		0,55	0,45	0,56		0,52
	103,68	150,85			174				0,60				0,60
4	228,05	46,22	11,77			70	23			0,66	0,51		0,59
												TOTAL	0,58

ANEXO H. Reporte de análisis foliares

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN
LABORATORIO DE SUELOS
Vía Sacha - San Carlos, Km 3 de la Parker, Orellana - Ecuador
www.iniap.gob.ec - Correo electrónico: centralamazonia@iniap.gob.ec - Teléfono: 063700000

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO			
Nombre	: PROYECTO GUAYUSA	**Nombre**	: WILFREDO FRANCO	**Informe No.**	:		
Dirección	: KICHWA PKR	**Provincia**	: NAPO	**Responsable Muestreo**	: CLIENTE	**Factura No.**	:
Ciudad	: ARCHIDONA	**Cantón**	: ARCHIDONA	**Fecha Muestreo**	: 20/01/2025	**Fecha Análisis**	: 29/1/2025
Teléfono	: N/E	**Parroquia**	: SAN PABLO DE USHPAYACU	**Fecha Ingreso**	: 22/01/2025	**Fecha Emisión**	: 29/1/2025
Fax	: N/E	**Ubicación**	: KICHWA PKR	**Cultivo**	: S/N		

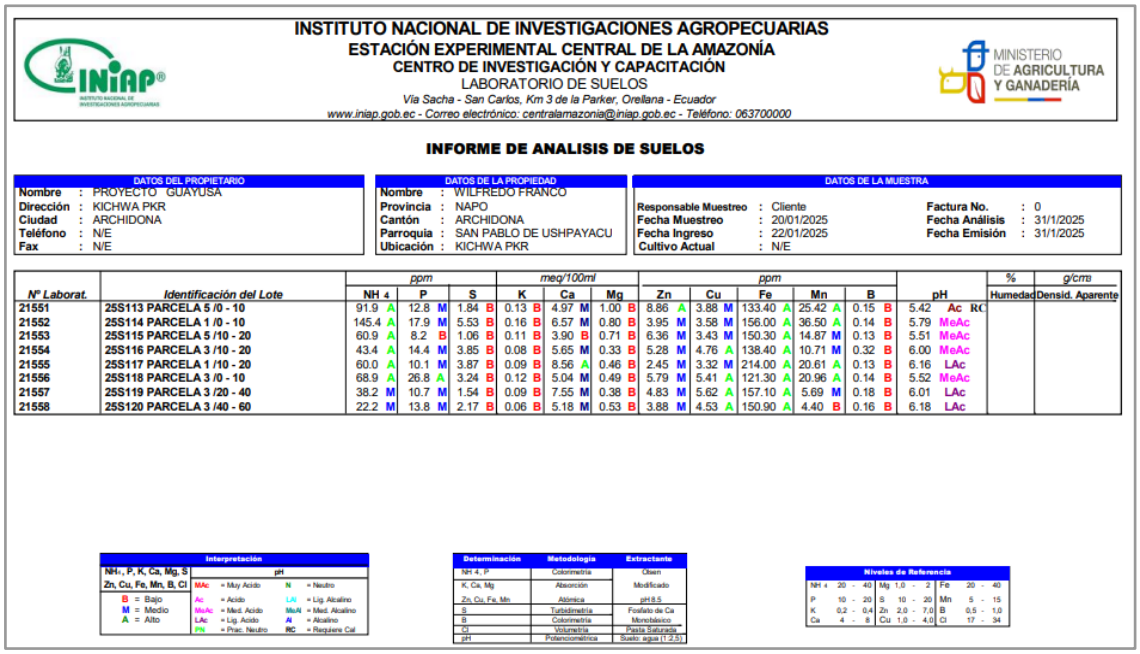
Datos del Lote		(%)		(%)						(ppm)				
Laborat.	Identificación	M. Seca	C/N	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
6115	25P71 / PAR 1/ P5,10,14,16			2,98	0,19	1,67	1,18	0,61	0,11	62,5	22,0	155,8	233,8	16,7
6116	25P72 / PAR 2/ P1,19,16,4			2,56	0,22	1,98	0,98	0,46	0,11	51,8	17,1	193,4	224,8	13,4
6117	25P73 / PAR 3/ P4,7,16,12			2,48	0,29	1,34	1,09	0,59	0,08	55,5	11,2	253,3	175,4	13,6
6118	25P74 / PAR 4/ P2,6,13,16			2,27	0,18	1,77	0,92	0,50	0,17	38,6	17,0	153,2	177,4	7,4
6119	25P75 / PAR 5/ P7,10,13,17			2,34	0,24	1,90	0,77	0,51	0,09	86,5	9,5	249,8	222,4	10,9
6120	25P76 / PAR 3/ MANTILLO			1,63	0,11	0,15	1,96	0,34	0,10	1173,2	64,1	288,5	144,6	18,6
6121	25P77 / PAR 4/ MANTILLO			1,77	0,13	0,26	1,54	0,42	0,11	2280,1	34,1	248,4	124,6	23,4
6122	25P78 / PAR 5/ MANTILLO			1,77	0,12	0,20	1,81	0,23	0,12	2532,5	51,8	163,7	50,6	33,4
6123	25P79 / PAR 2/ MADERA			0,21	0,02	0,30	0,06	0,02	0,03	73,4	1,3	11,7	76,3	4,9
6124	25P80 / PAR 3/ MADERA			0,21	0,02	0,15	0,17	0,03	0,11	91,0	1,6	9,0	55,5	5,6
6125	25P81 / PAR 2-3/ CORTEZA			0,99	0,05	0,75	2,76	0,43	0,05	217,6	59,5	99,6	293,9	19,8
6126	25P82 / PAR 1,3,5/ RAIZ -1MM			1,06	0,11	0,29	1,79	0,18	0,14	2219,1	213,4	171,2	242,8	17,5
6127	25P83 / PAR 1,3,5/ RAIZ 1-3MM			0,64	0,04	0,42	4,32	0,33	0,29	1030,1	13,0	101,7	476,1	28,0
6128	25P84 / PAR 1/ RAMAS VERDES			0,78	0,19	1,52	0,71	0,18	0,05	114,8	14,9	117,7	154,7	7,2
6129	25P85 / PAR 3/ RAMAS VERDES			0,85	0,09	1,19	1,27	0,27	0,09	1669,0	294,5	127,2	152,6	18,1
6130	25P86 / PAR 4/ PRAMAS VERDES			1,21	0,10	1,76	1,17	0,34	0,04	464,3	183,5	235,7	194,3	22,2

Patrones de interpretacion Optimos							
Determinación	Suficiente	Determinación	Suficiente	Determinación	Suficiente	Determinación	Suficiente
N	-	Mg	-	Zn	-	B	-
P	-	S	-	Cu	-	Mo	-
K	-	Cl	-	Fe	-	Na	-
Ca	-			Mn	-		

INTERPRETACIÓN	
D	= Deficiente
S	= Suficiente
A	= Alto

Metodología utilizada	
N	Kjeldahl
P, B	Colorimetría
S	Turbidimetría
K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn	Absorción Atómica
Digestión	
Vía Humeda	Nítrica Perclórica (5:1)

ANEXO I. Informe de análisis de suelos



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN
LABORATORIO DE SUELOS
Vía Sacha - San Carlos, Km 3 de la Parker, Orellana - Ecuador
www.iniap.gob.ec - Correo electrónico: centralamazonia@iniap.gob.ec - Teléfono: 063700000

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre	: PROYECTO GUAYUSA	**Nombre**	: WILFREDO FRANCO	**Responsable Muestreo**	: Cliente	**Factura No.**	: 0
Dirección	: KICHWA PKR	**Provincia**	: NAPO	**Fecha Muestreo**	: 20/01/2025	**Fecha Análisis**	: 31/1/2025
Ciudad	: ARCHIDONA	**Cantón**	: ARCHIDONA	**Fecha Ingreso**	: 22/01/2025	**Fecha Emisión**	: 31/1/2025
Teléfono	: N/E	**Parroquia**	: SAN PABLO DE USHPAYACU	**Cultivo Actual**	: N/E		
Fax	: N/E	**Ubicación**	: KICHWA PKR				

Nº Laborat.	Identificación del Lote	ppm			meq/100ml			ppm						pH		%	g/cm3
		NH 4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B				Humedad	Densid. Aparente
21551	25S113 PARCELA 5 /0 - 10	91.9 A	12.8 M	1.84 B	0.13 B	4.97 M	1.00 B	8.86 A	3.88 M	133.40 A	25.42 A	0.15 B	5.42	Ac	RC		
21552	25S114 PARCELA 1 /0 - 10	145.4 A	17.9 M	5.53 B	0.16 B	6.57 M	0.80 B	3.95 M	3.58 M	156.00 A	36.50 A	0.14 B	5.79	MeAc			
21553	25S115 PARCELA 5 /10 - 20	60.9 A	8.2 B	1.06 B	0.11 B	3.90 B	0.71 B	6.36 M	3.43 M	150.30 A	14.87 M	0.13 B	5.51	MeAc			
21554	25S116 PARCELA 3 /10 - 20	43.4 A	14.4 M	3.85 B	0.08 B	5.65 M	0.33 B	5.28 M	4.76 A	138.40 A	10.71 M	0.32 B	6.00	MeAc			
21555	25S117 PARCELA 1 /10 - 20	60.0 A	10.1 M	3.87 B	0.09 B	8.56 A	0.46 B	2.45 M	3.32 M	214.00 A	20.61 A	0.13 B	6.16	LAc			
21556	25S118 PARCELA 3 /0 - 10	68.9 A	26.8 A	3.24 B	0.12 B	5.04 M	0.49 B	5.79 M	5.41 A	121.30 A	20.96 A	0.14 B	5.52	MeAc			
21557	25S119 PARCELA 3 /20 - 40	38.2 M	10.7 M	1.54 B	0.09 B	7.55 M	0.38 B	4.83 M	5.62 A	157.10 A	5.69 M	0.18 B	6.01	LAc			
21558	25S120 PARCELA 3 /40 - 60	22.2 M	13.8 M	2.17 B	0.06 B	5.18 M	0.53 B	3.88 M	4.53 A	150.90 A	4.40 B	0.16 B	6.18	LAc			

Interpretación			
NH4, P, K, Ca, Mg, S	pH		
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	MAc = Muy Acido	N = Neutro	
B = Bajo	Ac = Acido	LAl = Lig. Alcalino	
M = Medio	MeAc = Med. Acido	MeAl = Med. Alcalino	
A = Alto	LAc = Lig. Acido	Al = Alcalino	
	PN = Prac. Neutro	RC = Requiere Cal	

Determinación	Metodología	Extractante
NH 4 , P	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción Atómica	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn		pH 8.5
S	Turbidimetría	Fosfato de Ca
B	Colorimetría	Monobásico
Cl	Volumetría	Pasta Saturada
pH	Potenciométrica	Suelo: agua (1:2,5)

Niveles de Referencia					
NH 4	20 - 40	Mg	1,0 - 2	Fe	20 - 40
P	10 - 20	S	10 - 20	Mn	5 - 15
K	0,2 - 0,4	Zn	2,0 - 7,0	B	0,5 - 1,0
Ca	4 - 8	Cu	1,0 - 4,0	Cl	17 - 34

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN
LABORATORIO DE SUELOS
Vía Sacha - San Carlos, Km 3 de la Parker, Orellana - Ecuador
www.iniap.gob.ec - Correo electrónico: centralamazonia@iniap.gob.ec - Teléfono: 063700000

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre	: PROYECTO GUAYUSA	**Nombre**	: WILFREDO FRANCO	**Informe No.**	:		
Dirección	: KICHWA PKR	**Provincia**	: NAPO	**Responsable Muestreo**	: Cliente	**Factura No.**	: 0
Ciudad	: ARCHIDONA	**Cantón**	: ARCHIDONA	**Fecha Muestreo**	: 20/01/2025	**Fecha Análisis**	: 31/1/2025
Teléfono	: N/E	**Parroquia**	: SAN PABLO DE USHPAYACU	**Fecha Ingreso**	: 22/01/2025	**Fecha Emisión**	: 31/1/2025
Fax	: N/E	**Ubicación**	: KICHWA PKR	**Cultivo Actual**	: N/E		

Nº Laborat.	Identificación	(%)	dS/m	meq/100mL		Textura (%)			Clase Textural	Σ Bases	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100g meq/100m	
		M.O.	C.E.	Al+H	Al	Arena	Limo	Arcilla			Mg	K	K	C.I.C	Na
21551	25S113 PARCELA 5 /0 - 10	6.53 A				48	39	13	Franco	6.10	4.97 M	7.69 M	45.92 M		
21552	25S114 PARCELA 1 /0 - 10	9.70 A				46	51	3	Franco-Limoso	7.53	8.21 A	5.00 M	46.06 M		
21553	25S115 PARCELA 5 /10 - 20	4.93 M				56	33	11	Franco-Arenoso	4.72	5.49 M	6.45 M	41.91 M		
21554	25S116 PARCELA 3 /10 - 20	8.41 A				68	25	7	Franco-Arenoso	6.06	17.12 A	4.13 M	74.75 A		
21555	25S117 PARCELA 1 /10 - 20	6.48 A				34	59	7	Franco-Limoso	9.11	18.61 A	5.11 M	100.22 A		
21556	25S118 PARCELA 3 /0 - 10	9.82 A				54	35	11	Franco-Arenoso	5.65	10.29 A	4.08 M	46.08 M		
21557	25S119 PARCELA 3 /20 - 40	8.76 A				54	35	11	Franco-Arenoso	8.02	19.87 A	4.22 M	88.11 A		
21558	25S120 PARCELA 3 /40 - 60	4.96 M				60	27	13	Franco-Arenoso	5.77	9.77 A	8.83 M	95.17 A		

Interpretación			
Al+H, Al, Na	C.E.		
Ad = Adecuado	NS = No Salino		
LT = Ligeram. Tóxico	LS = Lig. Salino		
T = Tóxico	S = Salino		
	MS = Muy Salino		

Abreviaturas	
C.E.	Conductividad Eléctrica
M.O.	Materia Orgánica
CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico

Determinación	Metodología	Extractante
M.O.	Walkley Black	Colorimetría
C.I.C.		Acetato de Amonio
Na		Cloruro de Bario
C.E.	Extracto de pasta saturada	Agua

Niveles de Referencia					
Lig. Tóxico meq/100mL		Lig. Salino (dS/m)		Medio	
Al + H	0.51 - 1.50	C.E.	2.0 - 4.0	Ca/Mg	2.0 - 8.0
Al	0.31 - 1.00	Medio (%)		Mg/K	2.5 - 10.0
Na	0.5 - 1.0	M.O.	3.1 - 5.0	(Ca+Mg)/K	12.5 - 50.0

ANEXO. Informe estadístico

Informe del procesamiento de los datos de guayusa

Introducción

Para los datos obtenidos de la guayusa, se han realizado modelos de regresión lineal simple para estimar el número de hojas de los 100 árboles inventariados y, de igual forma, la estimación del peso seco de ramas verdes. El primer valor, al multiplicarse por el peso promedio obtenido de una hoja (a partir de 80 muestras de 100 hojas resultantes de haber contado y pesado 4 muestras por árbol cosechado).

Estimación del Número de hojas

```
library(readxl)
dataLRH <- data.frame(DATOSGUAYUSA <- read_excel("Modelo de
regresión/DATOSGUAYUSA.xlsx",
                                                 sheet =
"L_Rama_N_hojas"))
str(dataLRH)
```

```
## 'data.frame':    54 obs. of  2 variables:
##  $ LONG_RAMAS: num  85 73 97 60.5 72 15 48 49 16 30 ...
##  $ HOJAS     : num  25 20 31 20 24 6 17 22 7 14 ...
```

```
head(dataLRH)
```

```
##   LONG_RAMAS HOJAS
## 1       85.0    25
## 2       73.0    20
## 3       97.0    31
## 4       60.5    20
## 5       72.0    24
## 6       15.0     6
```

```
mod_nh<-lm(HOJAS~LONG_RAMAS,data=dataLRH)
summary(mod_nh)
```

```
##
## Call:
## lm(formula = HOJAS ~ LONG_RAMAS, data = dataLRH)
##
## Residuals:
##     Min      1Q  Median      3Q     Max
## -7.8640 -1.8765 -0.2074  1.8019  9.0943
##
## Coefficients:
##             Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)   1.8370     0.8962    2.05   0.0455 *
```

```
## LONG_RAMAS    0.3340     0.0215   15.53   <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 3.156 on 52 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.8227, Adjusted R-squared:  0.8193
## F-statistic: 241.3 on 1 and 52 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Modelo encontrado para el número de hojas:

$$\widehat{Nro.hojas} = 1.8370 + 0.334 * LONG.RAMAS$$

Predicción del número de hojas para la población de 100 árboles y construcción de la matriz de datos

```
library(readxl)
mydata100 <- data.frame(DATOSGUAYUSA <- read_excel("Modelo de
regresión/DATOSGUAYUSA.xlsx",
                                                   sheet =
"Inventariodep100"))
head(mydata100)
```

```
##   Parcela   ABTL LTL NRVU NRVD   AT  ABC   VC     LTRV
## 1      p1 181.07 351   25   11 2.70 1.33 2.40 64.80000
## 2      p1  94.46 270   16    3 2.20 0.95 1.40 27.86667
## 3      p1  93.11 418   12    4 1.95 0.87 1.13 20.80000
## 4      p1 328.65 374   24    9 2.60 1.99 3.46 57.20000
## 5      p1 209.85 457   18    7 2.10 1.38 1.94 35.00000
## 6      p1 286.08 501   22   14 2.50 1.86 3.12 60.00000
```

```
class(mydata100$Parcela)
```

```
## [1] "character"
```

```
GUAYUSA100<-mydata100[,-c(1,10)]


est_phrv<-predict(mod_nh, data.frame(LONG_RAMAS=GUAYUSA100$LTRV))
round(est_phrv)
```

```
##   1   2   3   4   5   6   7   8   9  10  11  12  13  14  15  16  17
18  19  20
##  23  11   9  21  14  22  13  31  24  15  18  16  22  23  22  29  27
17  13  12
##  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  33  34  35  36  37
38  39  40
##  23  21   9  13  22  35  23  13  12  14  11  22   7  27  17  15  16
17  10  11
##  41  42  43  44  45  46  47  48  49  50  51  52  53  54  55  56  57
58  59  60
##  12  28  35  48  49   8   9  20  15  21  42  38  31  30  20  14  20
37  21  31
##  61  62  63  64  65  66  67  68  69  70  71  72  73  74  75  76  77
```

```
78  79  80
##  33  24  25  26  31  17  14  10  15   8  35  39  36  21  32  15  50
16  14  10
##  81  82  83  84  85  86  87  88  89  90  91  92  93  94  95  96  97
98  99 100
##  32  17  17  37  45  42  28  20  24  18  36  25   9  11  17  18  12
13  21  28

new_matrix<-cbind(mydata100,nro_hojas=round(est_phrv)*100);new_matrix

##     Parcela      ABTL  LTL NRVU NRVD   AT       ABC        VC
LTRV
## 1        p1 181.07000  351   25   11 2.70  1.330000  2.400000
64.80000
## 2        p1  94.46000  270   16    3 2.20  0.950000  1.400000
27.86667
## 3        p1  93.11000  418   12    4 1.95  0.870000  1.130000
20.80000
## 4        p1 328.65000  374   24    9 2.60  1.990000  3.460000
57.20000
## 5        p1 209.85000  457   18    7 2.10  1.380000  1.940000
35.00000
## 6        p1 286.08000  501   22   14 2.50  1.860000  3.120000
60.00000
## 7        p1 202.05000  216   16    7 2.25  1.780000  2.680000
34.50000
## 8        p1 236.98000  667   28   12 3.25  2.640000  5.760000
86.66667
## 9        p1 163.45000  353   27   16 2.30  2.310000  3.560000
65.93333
## 10       p1 264.44000  344   16    6 2.60  1.860000  3.240000
38.13333
## 11       p1 145.95000  467   19   14 2.20  1.730000  2.550000
48.40000
## 12       p1 120.00000  385   20    8 2.30  2.050000  3.160000
42.93333
## 13       p1 145.39000  489   28    7 2.60  1.910000  3.330000
60.66667
## 14       p1 244.06000  482   24   12 2.70  2.070000  3.750000
64.80000
## 15       p1  98.04000  490   24   12 2.50  1.890000  3.160000
60.00000
## 16       p1 290.46000  435   29    8 3.25  3.300000  7.190000
80.16667
## 17       p1 101.46000  826   30    8 3.00  3.140000  6.310000
76.00000
## 18       p1 159.15000  430   17    7 2.75  3.460000  6.380000
44.00000
## 19       p1 208.17000  517   17    5 2.25  2.280000  3.440000
33.00000
## 20       p1 187.72000  223    8    7 3.00  2.340000  4.700000
30.00000
## 21       p2  54.35141  361   20   12 3.00  3.381630  6.797076
```

```
64.00000
## 22       p2  53.01849  326   16    8 3.50  5.810690 13.626068
56.00000
## 23       p2  21.98328  152    6    4 3.40  4.082814  8.206456
22.66667
## 24       p2  13.62764  448   13    6 2.60  4.695130 11.010080
32.93333
## 25       p2  62.98557  465   13   10 4.00  6.605199 17.701932
61.33333
## 26       p2  36.38680  615   28    7 4.20  7.499060 17.585296
98.00000
## 27       p2  18.30282  253   20    9 3.20  5.515459 12.933750
61.86667
## 28       p2  24.43028  497    9    7 3.15  4.752916  8.598024
33.60000
## 29       p2  46.17483  347    7    5 3.70  4.948087  9.282611
29.60000
## 30       p2  85.78451  327   10    4 4.00  4.374354  6.447797
37.33333
## 31       p2  72.45529  392   12    4 2.70  2.558847  6.343381
28.80000
## 32       p2  66.90476  282   17    5 4.20  3.063544  7.594525
61.60000
## 33       p2 103.39103  197    6    2 2.90  4.190963  7.581452
15.46667
## 34       p2 120.30124  646   27    2 3.90  4.869547  8.482751
75.40000
## 35       p2 158.55811  386   10    8 3.80  4.772256  9.592234
45.60000
## 36       p2  33.06444  348   11    6 3.50  3.365353  7.215316
39.66667
## 37       p2  72.59455  337   14    8 2.90  4.695130  8.808064
42.53333
## 38       p2  70.76427  347   14    8 3.10  4.263848  8.570335
45.46667
## 39       p2  14.20458  439   11    5 2.30  2.835287  5.698928
24.53333
## 40       p2  82.64120  469   10    4 2.90  3.976078  7.991917
27.06667
## 41       p3  71.61972  525   12    5 2.60  2.910391  5.069901
29.46667
## 42       p3  50.69085  646   16   18 3.50  5.453196 12.787745
79.33333
## 43       p3 116.97888  402   21   18 3.80  5.107052 13.002553
98.80000
## 44       p3 193.05495  458   25   27 4.00  9.025874 24.189343
138.66667
## 45       p3 102.97325  503   13   36 4.30  9.079203 26.157183
140.46667
## 46       p3  38.71444  342   11    1 2.20  2.073942  3.056991
17.60000
## 47       p3  49.13909  662   10    4 2.30  3.141593  4.841194
```

```
21.46667
## 48       p3 226.03981  500   14    5 4.20  5.207681 14.654413
53.20000
## 49       p3 180.62097  771   14    5 3.10  4.908739 10.195450
39.26667
## 50       p3 140.21550 1031   17    8 3.50  4.523893 10.608530
58.33333
## 51       p3 221.62326  643   28   20 3.80  2.986477  7.603569
121.60000
## 52       p3 105.20142  615   24   10 4.80  9.897980 31.831905
108.80000
## 53       p3 113.31832  668   12   18 4.30  8.244796 23.753257
86.00000
## 54       p3 164.32748  503   18   18 3.50  4.714352 11.055157
84.00000
## 55       p3  71.54015  424    9   11 4.00  4.523893 12.124034
53.33333
## 56       p3 106.49455  624   13    5 3.10  3.300636  6.855421
37.20000
## 57       p3 103.01304  544   14    7 3.80  5.725553 14.577257
53.20000
## 58       p3 165.60072  374    7   27 4.60  6.157522 18.977482
104.26667
## 59       p3 215.23717  690   16    5 4.10  4.811055 13.215967
57.40000
## 60       p3 155.97184  550   12   25 3.50  4.714352 11.055157
86.33333
## 61       p4  43.92676  328    9   31 3.50  6.334707 14.854889
93.33333
## 62       p4  86.42113  372    6   24 3.30  5.725553 12.659197
66.00000
## 63       p4  12.81197  275    3   30 3.10  4.714352  9.791710
68.20000
## 64       p4  66.44719  551    9   18 4.00  6.379397 17.096783
72.00000
## 65       p4 147.53663  328   12   14 5.00  5.725553 19.180601
86.66667
## 66       p4  98.35775  741   12    7 3.50  3.801327  8.914112
44.33333
## 67       p4  99.29279  595   13    5 3.00  4.337361  8.718096
36.00000
## 68       p4  85.76462  440   10    6 2.30  3.801327  5.857845
24.53333
## 69       p4 161.50248  474   12    2 4.10  4.523893 12.427135
38.26667
## 70       p4 113.00001  380    4    4 3.50  2.835287  6.648749
18.66667
## 71       p4 268.41481  417   24   13 4.00  5.107052 13.686898
98.66667
## 72       p4 139.02184  529   21   30 3.30  6.157522 13.614280
112.20000
## 73       p4  81.72606  485   14   23 4.20  7.793113 21.929821
```

```
103.60000
## 74       p4  84.67043  225    5   23 3.00  6.605199 13.276449
56.00000
## 75       p4 169.73875  469   22   24 2.90  7.793113 15.142019
88.93333
## 76       p4 109.95617  482   11    6 3.50  5.107052 11.976036
39.66667
## 77       p4 152.47044  736   28   15 5.00  5.309292 17.786127
143.33333
## 78       p4 122.94719  631   12    4 4.10  7.068583 19.417399
43.73333
## 79       p4  82.36268  408    6    8 4.00  7.306166 19.580526
37.33333
## 80       p4 100.84455  226    7    5 3.00  4.154756  8.351060
24.00000
## 81       p5 172.92185  573   33    6 3.50  3.613637  8.473978
91.00000
## 82       p5  39.96779  222   16   10 2.70  2.350618  4.252268
46.80000
## 83       p5 114.19367  427   16    7 3.00  4.889123  9.827138
46.00000
## 84       p5 113.39790  908   35   10 3.50  5.874955 13.776769
105.00000
## 85       p5 141.88663  820   42    7 4.00  6.004546 16.092182
130.66667
## 86       p5 183.50565 1184   44    8 3.50  6.582442 15.435826
121.33333
## 87       p5 148.80987  698   29    5 3.50  3.414303  8.006539
79.33333
## 88       p5 245.41692  826   24    7 2.70  5.207681  9.420694
55.80000
## 89       p5 105.14173  854   28    8 2.80  5.704366 10.701392
67.20000
## 90       p5 174.19509  665   28    6 2.20  4.830513  7.120176
49.86667
## 91       p5 150.69984 1437   39    3 3.70 10.178760 25.233147
103.60000
## 92       p5 124.43927  689   22    6 3.70  4.830513 11.974841
69.06667
## 93       p5  36.78469  119    7    5 2.70  2.419046  4.376054
21.60000
## 94       p5 152.01287  342   13    3 2.60  4.064926  7.081102
27.73333
## 95       p5 133.63047  523   18    4 3.00  3.513263  7.061658
44.00000
## 96       p5 129.33329  811   18    5 3.20  5.557163 11.914558
49.06667
## 97       p5 231.82907  528   13    3 2.80  3.976078  7.459123
29.86667
## 98       p5 205.66798  565   13    3 3.00  6.858116 13.784814
32.00000
## 99       p5 130.58663  874   26    3 3.00  4.118707  8.278600
```

```
58.00000
## 100      p5 177.65671 1556   34    5 3.00  5.982849 12.025527
78.00000
##     nro_hojas
## 1        2300
## 2        1100
## 3         900
## 4        2100
## 5        1400
## 6        2200
## 7        1300
## 8        3100
## 9        2400
## 10       1500
## 11       1800
## 12       1600
## 13       2200
## 14       2300
## 15       2200
## 16       2900
## 17       2700
## 18       1700
## 19       1300
## 20       1200
## 21       2300
## 22       2100
## 23        900
## 24       1300
## 25       2200
## 26       3500
## 27       2300
## 28       1300
## 29       1200
## 30       1400
## 31       1100
## 32       2200
## 33        700
## 34       2700
## 35       1700
## 36       1500
## 37       1600
## 38       1700
## 39       1000
## 40       1100
## 41       1200
## 42       2800
## 43       3500
## 44       4800
## 45       4900
## 46        800
## 47        900
## 48       2000
```

```
## 49       1500
## 50       2100
## 51       4200
## 52       3800
## 53       3100
## 54       3000
## 55       2000
## 56       1400
## 57       2000
## 58       3700
## 59       2100
## 60       3100
## 61       3300
## 62       2400
## 63       2500
## 64       2600
## 65       3100
## 66       1700
## 67       1400
## 68       1000
## 69       1500
## 70        800
## 71       3500
## 72       3900
## 73       3600
## 74       2100
## 75       3200
## 76       1500
## 77       5000
## 78       1600
## 79       1400
## 80       1000
## 81       3200
## 82       1700
## 83       1700
## 84       3700
## 85       4500
## 86       4200
## 87       2800
## 88       2000
## 89       2400
## 90       1800
## 91       3600
## 92       2500
## 93        900
## 94       1100
## 95       1700
## 96       1800
## 97       1200
## 98       1300
## 99       2100
## 100      2800
```

Estimación del peso seco de las ramas verdes

```
library(readxl)
weigh<- data.frame(DATOSGUAYUSA <- read_excel("Modelo de
regresión/DATOSGUAYUSA.xlsx",
                                                sheet = "Peso Seco"))

head(weigh)
```

```
##   Parcela   N_leaf     PSTR
## 1      p1 2059.701 0.412528
## 2      p1 2764.179 0.730664
## 3      p1 2455.385 0.554116
## 4      p1 3689.474 0.935180
## 5      p2 2290.566 1.027824
## 6      p2 1697.674 0.508668
```

```
names(weigh)
```

```
## [1] "Parcela" "N_leaf"  "PSTR"
```

```
mod_weigh<-lm(PSTR~ N_leaf,data=weigh)
summary(mod_weigh)
```

```
##
## Call:
## lm(formula = PSTR ~ N_leaf, data = weigh)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.54693 -0.27706  0.03073  0.14740  0.85176
##
## Coefficients:
##               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) -3.275e-01  1.593e-01  -2.056   0.0546 .
## N_leaf       4.905e-04  4.772e-05  10.278 5.84e-09 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.3161 on 18 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.8544, Adjusted R-squared:  0.8463
## F-statistic: 105.6 on 1 and 18 DF,  p-value: 5.844e-09
```

Modelo obtenido

$$\widehat{PSTR} - 0.3275 + 4.90510^{-04} * N_leaf$$

Predicción del peso seco de ramas verdes para la población de 100 árboles y construcción de la matriz de datos

```
est_psrv<-predict(mod_weigh, data.frame(N_leaf=new_matrix$nro_hojas))

new_matrixps<-cbind(new_matrix,psrv=round(est_psrv,3));new_matrixps
```

```
##     Parcela      ABTL  LTL NRVU NRVD   AT       ABC        VC
LTRV
## 1        p1 181.07000  351   25   11 2.70  1.330000  2.400000
64.80000
## 2        p1  94.46000  270   16    3 2.20  0.950000  1.400000
27.86667
## 3        p1  93.11000  418   12    4 1.95  0.870000  1.130000
20.80000
## 4        p1 328.65000  374   24    9 2.60  1.990000  3.460000
57.20000
## 5        p1 209.85000  457   18    7 2.10  1.380000  1.940000
35.00000
## 6        p1 286.08000  501   22   14 2.50  1.860000  3.120000
60.00000
## 7        p1 202.05000  216   16    7 2.25  1.780000  2.680000
34.50000
## 8        p1 236.98000  667   28   12 3.25  2.640000  5.760000
86.66667
## 9        p1 163.45000  353   27   16 2.30  2.310000  3.560000
65.93333
## 10       p1 264.44000  344   16    6 2.60  1.860000  3.240000
38.13333
## 11       p1 145.95000  467   19   14 2.20  1.730000  2.550000
48.40000
## 12       p1 120.00000  385   20    8 2.30  2.050000  3.160000
42.93333
## 13       p1 145.39000  489   28    7 2.60  1.910000  3.330000
60.66667
## 14       p1 244.06000  482   24   12 2.70  2.070000  3.750000
64.80000
## 15       p1  98.04000  490   24   12 2.50  1.890000  3.160000
60.00000
## 16       p1 290.46000  435   29    8 3.25  3.300000  7.190000
80.16667
## 17       p1 101.46000  826   30    8 3.00  3.140000  6.310000
76.00000
## 18       p1 159.15000  430   17    7 2.75  3.460000  6.380000
44.00000
## 19       p1 208.17000  517   17    5 2.25  2.280000  3.440000
33.00000
## 20       p1 187.72000  223    8    7 3.00  2.340000  4.700000
30.00000
## 21       p2  54.35141  361   20   12 3.00  3.381630  6.797076
64.00000
## 22       p2  53.01849  326   16    8 3.50  5.810690 13.626068
56.00000
## 23       p2  21.98328  152    6    4 3.40  4.082814  8.206456
22.66667
## 24       p2  13.62764  448   13    6 2.60  4.695130 11.010080
32.93333
## 25       p2  62.98557  465   13   10 4.00  6.605199 17.701932
61.33333
```

```
## 26       p2  36.38680  615   28    7 4.20  7.499060 17.585296
98.00000
## 27       p2  18.30282  253   20    9 3.20  5.515459 12.933750
61.86667
## 28       p2  24.43028  497    9    7 3.15  4.752916  8.598024
33.60000
## 29       p2  46.17483  347    7    5 3.70  4.948087  9.282611
29.60000
## 30       p2  85.78451  327   10    4 4.00  4.374354  6.447797
37.33333
## 31       p2  72.45529  392   12    4 2.70  2.558847  6.343381
28.80000
## 32       p2  66.90476  282   17    5 4.20  3.063544  7.594525
61.60000
## 33       p2 103.39103  197    6    2 2.90  4.190963  7.581452
15.46667
## 34       p2 120.30124  646   27    2 3.90  4.869547  8.482751
75.40000
## 35       p2 158.55811  386   10    8 3.80  4.772256  9.592234
45.60000
## 36       p2  33.06444  348   11    6 3.50  3.365353  7.215316
39.66667
## 37       p2  72.59455  337   14    8 2.90  4.695130  8.808064
42.53333
## 38       p2  70.76427  347   14    8 3.10  4.263848  8.570335
45.46667
## 39       p2  14.20458  439   11    5 2.30  2.835287  5.698928
24.53333
## 40       p2  82.64120  469   10    4 2.90  3.976078  7.991917
27.06667
## 41       p3  71.61972  525   12    5 2.60  2.910391  5.069901
29.46667
## 42       p3  50.69085  646   16   18 3.50  5.453196 12.787745
79.33333
## 43       p3 116.97888  402   21   18 3.80  5.107052 13.002553
98.80000
## 44       p3 193.05495  458   25   27 4.00  9.025874 24.189343
138.66667
## 45       p3 102.97325  503   13   36 4.30  9.079203 26.157183
140.46667
## 46       p3  38.71444  342   11    1 2.20  2.073942  3.056991
17.60000
## 47       p3  49.13909  662   10    4 2.30  3.141593  4.841194
21.46667
## 48       p3 226.03981  500   14    5 4.20  5.207681 14.654413
53.20000
## 49       p3 180.62097  771   14    5 3.10  4.908739 10.195450
39.26667
## 50       p3 140.21550 1031   17    8 3.50  4.523893 10.608530
58.33333
## 51       p3 221.62326  643   28   20 3.80  2.986477  7.603569
121.60000
```

```
## 52       p3 105.20142  615   24   10 4.80  9.897980 31.831905
108.80000
## 53       p3 113.31832  668   12   18 4.30  8.244796 23.753257
86.00000
## 54       p3 164.32748  503   18   18 3.50  4.714352 11.055157
84.00000
## 55       p3  71.54015  424    9   11 4.00  4.523893 12.124034
53.33333
## 56       p3 106.49455  624   13    5 3.10  3.300636  6.855421
37.20000
## 57       p3 103.01304  544   14    7 3.80  5.725553 14.577257
53.20000
## 58       p3 165.60072  374    7   27 4.60  6.157522 18.977482
104.26667
## 59       p3 215.23717  690   16    5 4.10  4.811055 13.215967
57.40000
## 60       p3 155.97184  550   12   25 3.50  4.714352 11.055157
86.33333
## 61       p4  43.92676  328    9   31 3.50  6.334707 14.854889
93.33333
## 62       p4  86.42113  372    6   24 3.30  5.725553 12.659197
66.00000
## 63       p4  12.81197  275    3   30 3.10  4.714352  9.791710
68.20000
## 64       p4  66.44719  551    9   18 4.00  6.379397 17.096783
72.00000
## 65       p4 147.53663  328   12   14 5.00  5.725553 19.180601
86.66667
## 66       p4  98.35775  741   12    7 3.50  3.801327  8.914112
44.33333
## 67       p4  99.29279  595   13    5 3.00  4.337361  8.718096
36.00000
## 68       p4  85.76462  440   10    6 2.30  3.801327  5.857845
24.53333
## 69       p4 161.50248  474   12    2 4.10  4.523893 12.427135
38.26667
## 70       p4 113.00001  380    4    4 3.50  2.835287  6.648749
18.66667
## 71       p4 268.41481  417   24   13 4.00  5.107052 13.686898
98.66667
## 72       p4 139.02184  529   21   30 3.30  6.157522 13.614280
112.20000
## 73       p4  81.72606  485   14   23 4.20  7.793113 21.929821
103.60000
## 74       p4  84.67043  225    5   23 3.00  6.605199 13.276449
56.00000
## 75       p4 169.73875  469   22   24 2.90  7.793113 15.142019
88.93333
## 76       p4 109.95617  482   11    6 3.50  5.107052 11.976036
39.66667
## 77       p4 152.47044  736   28   15 5.00  5.309292 17.786127
143.33333
```

```
## 78       p4 122.94719  631   12    4 4.10  7.068583 19.417399
43.73333
## 79       p4  82.36268  408    6    8 4.00  7.306166 19.580526
37.33333
## 80       p4 100.84455  226    7    5 3.00  4.154756  8.351060
24.00000
## 81       p5 172.92185  573   33    6 3.50  3.613637  8.473978
91.00000
## 82       p5  39.96779  222   16   10 2.70  2.350618  4.252268
46.80000
## 83       p5 114.19367  427   16    7 3.00  4.889123  9.827138
46.00000
## 84       p5 113.39790  908   35   10 3.50  5.874955 13.776769
105.00000
## 85       p5 141.88663  820   42    7 4.00  6.004546 16.092182
130.66667
## 86       p5 183.50565 1184   44    8 3.50  6.582442 15.435826
121.33333
## 87       p5 148.80987  698   29    5 3.50  3.414303  8.006539
79.33333
## 88       p5 245.41692  826   24    7 2.70  5.207681  9.420694
55.80000
## 89       p5 105.14173  854   28    8 2.80  5.704366 10.701392
67.20000
## 90       p5 174.19509  665   28    6 2.20  4.830513  7.120176
49.86667
## 91       p5 150.69984 1437   39    3 3.70 10.178760 25.233147
103.60000
## 92       p5 124.43927  689   22    6 3.70  4.830513 11.974841
69.06667
## 93       p5  36.78469  119    7    5 2.70  2.419046  4.376054
21.60000
## 94       p5 152.01287  342   13    3 2.60  4.064926  7.081102
27.73333
## 95       p5 133.63047  523   18    4 3.00  3.513263  7.061658
44.00000
## 96       p5 129.33329  811   18    5 3.20  5.557163 11.914558
49.06667
## 97       p5 231.82907  528   13    3 2.80  3.976078  7.459123
29.86667
## 98       p5 205.66798  565   13    3 3.00  6.858116 13.784814
32.00000
## 99       p5 130.58663  874   26    3 3.00  4.118707  8.278600
58.00000
## 100      p5 177.65671 1556   34    5 3.00  5.982849 12.025527
78.00000
##     nro_hojas  psrv
## 1        2300 0.801
## 2        1100 0.212
## 3         900 0.114
## 4        2100 0.703
## 5        1400 0.359
```

```
## 6        2200 0.752
## 7        1300 0.310
## 8        3100 1.193
## 9        2400 0.850
## 10       1500 0.408
## 11       1800 0.555
## 12       1600 0.457
## 13       2200 0.752
## 14       2300 0.801
## 15       2200 0.752
## 16       2900 1.095
## 17       2700 0.997
## 18       1700 0.506
## 19       1300 0.310
## 20       1200 0.261
## 21       2300 0.801
## 22       2100 0.703
## 23        900 0.114
## 24       1300 0.310
## 25       2200 0.752
## 26       3500 1.389
## 27       2300 0.801
## 28       1300 0.310
## 29       1200 0.261
## 30       1400 0.359
## 31       1100 0.212
## 32       2200 0.752
## 33        700 0.016
## 34       2700 0.997
## 35       1700 0.506
## 36       1500 0.408
## 37       1600 0.457
## 38       1700 0.506
## 39       1000 0.163
## 40       1100 0.212
## 41       1200 0.261
## 42       2800 1.046
## 43       3500 1.389
## 44       4800 2.027
## 45       4900 2.076
## 46        800 0.065
## 47        900 0.114
## 48       2000 0.653
## 49       1500 0.408
## 50       2100 0.703
## 51       4200 1.733
## 52       3800 1.536
## 53       3100 1.193
## 54       3000 1.144
## 55       2000 0.653
## 56       1400 0.359
## 57       2000 0.653
```

```
## 58       3700 1.487
## 59       2100 0.703
## 60       3100 1.193
## 61       3300 1.291
## 62       2400 0.850
## 63       2500 0.899
## 64       2600 0.948
## 65       3100 1.193
## 66       1700 0.506
## 67       1400 0.359
## 68       1000 0.163
## 69       1500 0.408
## 70        800 0.065
## 71       3500 1.389
## 72       3900 1.585
## 73       3600 1.438
## 74       2100 0.703
## 75       3200 1.242
## 76       1500 0.408
## 77       5000 2.125
## 78       1600 0.457
## 79       1400 0.359
## 80       1000 0.163
## 81       3200 1.242
## 82       1700 0.506
## 83       1700 0.506
## 84       3700 1.487
## 85       4500 1.880
## 86       4200 1.733
## 87       2800 1.046
## 88       2000 0.653
## 89       2400 0.850
## 90       1800 0.555
## 91       3600 1.438
## 92       2500 0.899
## 93        900 0.114
## 94       1100 0.212
## 95       1700 0.506
## 96       1800 0.555
## 97       1200 0.261
## 98       1300 0.310
## 99       2100 0.703
## 100      2800 1.046
```

ANEXO. Estadística de los 100 árboles

ABTL: Area basal de troncos total

LTL: Longitud de troncos total

NRVU: # de ramas verdes arriba

NRVD: # de ramas verdes abajo

AT: Altura Total

ABC: Área basal de la copa

VC: Volumen de la copa

RV: Ramas verdes

Parcelas	ABTL	LTL	NRVU	NRVD	AT	ABC	VC	LTRV	Nro. Hojas	Peso seco RV
p1	181,1	351	25	11	2,7	1,33	2,40	64,80	2300	0,80
p1	94,5	270	16	3	2,2	0,95	1,40	27,87	1100	0,21
p1	93,1	418	12	4	1,95	0,87	1,13	20,80	900	0,11
p1	328,7	374	24	9	2,6	1,99	3,46	57,20	2100	0,70
p1	209,9	457	18	7	2,1	1,38	1,94	35,00	1400	0,36
p1	286,1	501	22	14	2,5	1,86	3,12	60,00	2200	0,75
p1	202,1	216	16	7	2,25	1,78	2,68	34,50	1300	0,31
p1	237,0	667	28	12	3,25	2,64	5,76	86,67	3100	1,19
p1	163,5	353	27	16	2,3	2,31	3,56	65,93	2400	0,85
p1	264,4	344	16	6	2,6	1,86	3,24	38,13	1500	0,41
p1	146,0	467	19	14	2,2	1,73	2,55	48,40	1800	0,56
p1	120,0	385	20	8	2,3	2,05	3,16	42,93	1600	0,46
p1	145,4	489	28	7	2,6	1,91	3,33	60,67	2200	0,75

p1	244,1	482	24	12	2,7	2,07	3,75	64,80	2300	0,80
p1	98,0	490	24	12	2,5	1,89	3,16	60,00	2200	0,75
p1	290,5	435	29	8	3,25	3,30	7,19	80,17	2900	1,10
p1	101,5	826	30	8	3	3,14	6,31	76,00	2700	1,00
p1	159,2	430	17	7	2,75	3,46	6,38	44,00	1700	0,51
p1	208,2	517	17	5	2,25	2,28	3,44	33,00	1300	0,31
p1	187,7	223	8	7	3	2,34	4,70	30,00	1200	0,26
p2	54,4	361	20	12	3	3,38	6,80	64,00	2300	0,80
p2	53,0	326	16	8	3,5	5,81	13,63	56,00	2100	0,70
p2	22,0	152	6	4	3,4	4,08	8,21	22,67	900	0,11
p2	13,6	448	13	6	2,6	4,70	11,01	32,93	1300	0,31
p2	63,0	465	13	10	4	6,61	17,70	61,33	2200	0,75
p2	36,4	615	28	7	4,2	7,50	17,59	98,00	3500	1,39
p2	18,3	253	20	9	3,2	5,52	12,93	61,87	2300	0,80
p2	24,4	497	9	7	3,15	4,75	8,60	33,60	1300	0,31
p2	46,2	347	7	5	3,7	4,95	9,28	29,60	1200	0,26
p2	85,8	327	10	4	4	4,37	6,45	37,33	1400	0,36
p2	72,5	392	12	4	2,7	2,56	6,34	28,80	1100	0,21
p2	66,9	282	17	5	4,2	3,06	7,59	61,60	2200	0,75

p2	103,4	197	6	2	2,9	4,19	7,58	15,47	700	0,02
p2	120,3	646	27	2	3,9	4,87	8,48	75,40	2700	1,00
p2	158,6	386	10	8	3,8	4,77	9,59	45,60	1700	0,51
p2	33,1	348	11	6	3,5	3,37	7,22	39,67	1500	0,41
p2	72,6	337	14	8	2,9	4,70	8,81	42,53	1600	0,46
p2	70,8	347	14	8	3,1	4,26	8,57	45,47	1700	0,51
p2	14,2	439	11	5	2,3	2,84	5,70	24,53	1000	0,16
p2	82,6	469	10	4	2,9	3,98	7,99	27,07	1100	0,21
p3	71,6	525	12	5	2,6	2,91	5,07	29,47	1200	0,26
p3	50,7	646	16	18	3,5	5,45	12,79	79,33	2800	1,05
p3	117,0	402	21	18	3,8	5,11	13,00	98,80	3500	1,39
p3	193,1	458	25	27	4	9,03	24,19	138,67	4800	2,03
p3	103,0	503	13	36	4,3	9,08	26,16	140,47	4900	2,08
p3	38,7	342	11	1	2,2	2,07	3,06	17,60	800	0,07
p3	49,1	662	10	4	2,3	3,14	4,84	21,47	900	0,11
p3	226,0	500	14	5	4,2	5,21	14,65	53,20	2000	0,65
p3	180,6	771	14	5	3,1	4,91	10,20	39,27	1500	0,41
p3	140,2	1031	17	8	3,5	4,52	10,61	58,33	2100	0,70
p3	221,6	643	28	20	3,8	2,99	7,60	121,60	4200	1,73

p3	105,2	615	24	10	4,8	9,90	31,83	108,80	3800	1,54
p3	113,3	668	12	18	4,3	8,24	23,75	86,00	3100	1,19
p3	164,3	503	18	18	3,5	4,71	11,06	84,00	3000	1,14
p3	71,5	424	9	11	4	4,52	12,12	53,33	2000	0,65
p3	106,5	624	13	5	3,1	3,30	6,86	37,20	1400	0,36
p3	103,0	544	14	7	3,8	5,73	14,58	53,20	2000	0,65
p3	165,6	374	7	27	4,6	6,16	18,98	104,27	3700	1,49
p3	215,2	690	16	5	4,1	4,81	13,22	57,40	2100	0,70
p3	156,0	550	12	25	3,5	4,71	11,06	86,33	3100	1,19
p4	43,9	328	9	31	3,5	6,33	14,85	93,33	3300	1,29
p4	86,4	372	6	24	3,3	5,73	12,66	66,00	2400	0,85
p4	12,8	275	3	30	3,1	4,71	9,79	68,20	2500	0,90
p4	66,4	551	9	18	4	6,38	17,10	72,00	2600	0,95
p4	147,5	328	12	14	5	5,73	19,18	86,67	3100	1,19
p4	98,4	741	12	7	3,5	3,80	8,91	44,33	1700	0,51
p4	99,3	595	13	5	3	4,34	8,72	36,00	1400	0,36
p4	85,8	440	10	6	2,3	3,80	5,86	24,53	1000	0,16
p4	161,5	474	12	2	4,1	4,52	12,43	38,27	1500	0,41
p4	113,0	380	4	4	3,5	2,84	6,65	18,67	800	0,07

p4	268,4	417	24	13	4	5,11	13,69	98,67	3500	1,39
p4	139,0	529	21	30	3,3	6,16	13,61	112,20	3900	1,59
p4	81,7	485	14	23	4,2	7,79	21,93	103,60	3600	1,44
p4	84,7	225	5	23	3	6,61	13,28	56,00	2100	0,70
p4	169,7	469	22	24	2,9	7,79	15,14	88,93	3200	1,24
p4	110,0	482	11	6	3,5	5,11	11,98	39,67	1500	0,41
p4	152,5	736	28	15	5	5,31	17,79	143,33	5000	2,13
p4	122,9	631	12	4	4,1	7,07	19,42	43,73	1600	0,46
p4	82,4	408	6	8	4	7,31	19,58	37,33	1400	0,36
p4	100,8	226	7	5	3	4,15	8,35	24,00	1000	0,16
p5	172,9	573	33	6	3,5	3,61	8,47	91,00	3200	1,24
p5	40,0	222	16	10	2,7	2,35	4,25	46,80	1700	0,51
p5	114,2	427	16	7	3	4,89	9,83	46,00	1700	0,51
p5	113,4	908	35	10	3,5	5,87	13,78	105,00	3700	1,49
p5	141,9	820	42	7	4	6,00	16,09	130,67	4500	1,88
p5	183,5	1184	44	8	3,5	6,58	15,44	121,33	4200	1,73
p5	148,8	698	29	5	3,5	3,41	8,01	79,33	2800	1,05
p5	245,4	826	24	7	2,7	5,21	9,42	55,80	2000	0,65
p5	105,1	854	28	8	2,8	5,70	10,70	67,20	2400	0,85

p5	174,2	665	28	6	2,2	4,83	7,12	49,87	1800	0,56
p5	150,7	1437	39	3	3,7	10,18	25,23	103,60	3600	1,44
p5	124,4	689	22	6	3,7	4,83	11,97	69,07	2500	0,90
p5	36,8	119	7	5	2,7	2,42	4,38	21,60	900	0,11
p5	152,0	342	13	3	2,6	4,06	7,08	27,73	1100	0,21
p5	133,6	523	18	4	3	3,51	7,06	44,00	1700	0,51
p5	129,3	811	18	5	3,2	5,56	11,91	49,07	1800	0,56
p5	231,8	528	13	3	2,8	3,98	7,46	29,87	1200	0,26
p5	205,7	565	13	3	3	6,86	13,78	32,00	1300	0,31
p5	130,6	874	26	3	3	4,12	8,28	58,00	2100	0,70
p5	177,7	1556	34	5	3	5,98	12,03	78,00	2800	1,05