

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL**



**CALIDAD DE SITIO DE *Cinchona* sp., EN RELACIÓN A VARIABLES  
EDAFOCLIMÁTICAS EN EL BOSQUE MONTANO LA PALMA, PROVINCIA DE  
CHOTA**

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

**AUTOR:**

RUFASTO PERALTA, Yennifer Lisbeth

**ASESOR:**

M.Cs. VILLENA VELÁSQUEZ, Jim Jairo

**COASESOR:**

Mtr. ALVA MENDOZA, Denisse Milagros

  
Jim Jairo Villena Velásquez  
ING. FORESTAL  
CIP. 120583

  
Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza  
CIP 163858  
Docente UNACH  
Código: 006-2021

**CHOTA – PERÚ**  
**SEPTIEMBRE, 2021**

## Acta de sustentación

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 007-2021/EPIFA - FCA/UNACH

Siendo las 14:00 horas, del día 30 de setiembre de 2021, en video conferencia del aplicativo Meet de Google, los miembros del Jurado de Tesis titulada: **Calidad de sitio de *Cinchona* sp., en relación a variables edafoclimáticas en el bosque montano La Palma, provincia de Chota**, integrado por:

1. M.Sc. Duberli Geomar Elera Gonzales, Presidente
2. M.Sc. Maryuri Yohana Vega Eras, Secretario
3. M.Sc. Alfonso Sánchez Rojas, Vocal

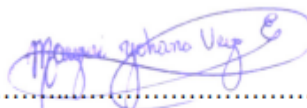
Sustentada por **Yennifer Lisbeth Rufasto Peralta**, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda Aprobar la tesis, calificándola con la nota de: 18 (Dieciocho), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.

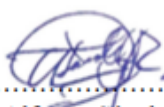
Firmado en: Chota, 30 de setiembre del 2021.



.....  
M.Sc. Duberli Geomar Elera Gonzales  
Presidente



.....  
M.Sc. Maryuri Yohana Vega Eras  
Secretario



.....  
M.Sc. Alfonso Sánchez Rojas  
Vocal

## **Agradecimiento**

A mis asesores M. Sc. Villena Velásquez Jim Jairo, Mtr. Alva Mendoza Denisse Milagros por la guía que me han brindado ya que sin esto no hubiera sido posible concluir con la presente investigación.

## **Dedicatoria**

A Dios por brindarme sabiduría, fortaleza y darme la oportunidad de concluir con la tesis.

A mis padres Doraliza Peralta Requejo y José Rufasto Zulueta por el apoyo incondicional brindado, por fomentar en mi persona el anhelo de superación, estudio y ser la motivación constante para cumplir mis metas.

A mis hermanos por la comprensión, palabras de aliento, motivación brindada durante este periodo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Antecedentes.....	17
2.2. Bases teóricas.....	17
2.2.1. Género <i>Cinchona</i> .....	17
2.2.2. Origen de la quina.....	18
2.2.3. Importancia histórica de la quina.....	18
2.2.4. <i>Cinchona Officinalis</i> L.,.....	21
2.2.5. <i>Cinchona pubescens</i> Vahl.....	22
2.2.6. <i>Cinchona humboldtiana</i> Lamb.....	23
2.2.7. <i>Cinchona delessertiana</i> Standl.....	23
2.2.8. Calidad de sitio forestal.....	24
2.2.9. Importancia de la calidad de sitio forestal.....	24
2.2.10. Evaluación de la calidad de sitio forestal.....	25
2.2.11. Modelos para evaluar la calidad de sitio.....	26
2.2.12. Factores ambientales asociados al desarrollo de la <i>Cinchona</i> sp.....	27
2.3 Marco conceptual.....	31
2.3.1. Calidad de sitio.....	31
2.3.2. Bosque.....	31

2.3.3. Precipitación.....	32
2.3.4. Temperatura .....	32
2.3.5. Topografía.....	32
2.3.6. Suelo.....	32
2.3.7. Textura del suelo .....	32
2.3.8. pH.....	33
2.3.9. Nutrientes del suelo.....	33
2.3.10. Densidad.....	33
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>34</b>
3.1. Ubicación.....	34
3.2. Población y muestra.....	36
3.3. Equipos, materiales e insumos.....	37
3.4. Metodología de la investigación .....	37
3.4.1. Técnica de recolección de datos.....	37
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	39
3.5. Análisis estadístico .....	43
3.5.1. Determinación de la influencia de los factores climáticos, edáficos y topográficos.....	43
3.5.2. Modelo estadístico.....	44
3.5.3. Análisis multivariado de componentes principales.....	44

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	45
4.1. Ubicación de las parcelas.....	45
4.2. Evaluación de los árboles de <i>Cinchona</i> sp.....	48
4.3. Descripción del suelo según su capacidad de uso mayor .....	49
4.5. Determinación de la calidad de sitio.....	55
4.6. Caracterización de la calidad de sitio.....	56
4.6.1. Calidad de sitio y su relación con las variables climáticas .....	59
4.6.2. Calidad de sitio y su relación con las variables edáficas y topográficas.....	60
4.7. Componentes principales.....	63
4.8. Características de la calidad de sitio de <i>Cinchona</i> sp.....	64
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	65
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS .....	67
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía de la especie forestal <i>Cinchona officinalis</i> L .....	22
Tabla 2 Taxonomía de la especie forestal <i>Cinchona pubescens</i> Vahl.....	22
Tabla 3 Taxonomía de la especie forestal <i>Cinchona humboldtiana</i> Lamb .....	23
Tabla 4 Taxonomía de la especie <i>Cinchona delessertiana</i> Standl .....	23
Tabla 5 Métodos para evaluación de calidad de sitio.....	26
Tabla 6 Equipo, materiales e insumos utilizados. ....	37
Tabla 7 Coordenadas de las parcelas instaladas en el área de estudio .....	45
Tabla 8 Datos dasométricos de la <i>Cinchona</i> sp.....	48
Tabla 9 Profundidad del horizonte O y A.....	49
Tabla 10 Datos topográficos de <i>Cinchona</i> sp.....	50
Tabla 11 Clasificación de parámetros edáficos- CUM - D.S. N <sup>0</sup> 017-2009AG .....	50
Tabla 12 Capacidad de Uso Mayor para las parcelas instaladas en la zona de estudio.....	51
Tabla 13 Resultados de análisis de laboratorio .....	52
Tabla 14 ANOVA.....	56
Tabla 15 Modelos estimados de regresión .....	63



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa del área de estudio.....	34
Figura 2 Mapa de vías de acceso al área de estudio .....	35
Figura 3: Población y muestra .....	36
Figura 4 Dimensiones de las parcelas y calicatas instaladas .....	42
Figura 5 Mapa perimétrico y distribución de parcelas en el bosque montano La Palma .....	46
Figura 6 Mapa de zonas de vida del área de estudio .....	47
Figura 7 Correlación entre variables independientes y dependientes.....	58
Figura 8 Gráfico de Biplot de los datos obtenidos en la investigación .....	64
Figura 9 Resultados de análisis de laboratorio UNALM .....	80
Figura 10 Ingreso de datos en el software InfoStat. ....	82
Figura 11 Análisis de varianza. ....	82
Figura 12 Análisis de varianza de los datos obtenidos. ....	83
Figura 13 Procesamiento de datos obtenidos. ....	83
Figura 14 Procesamiento de datos obtenidos. ....	84
Figura 15 Resultados del procesamiento de datos.....	84
Figura 16 Procesamiento de análisis multivariado .....	85
Figura 17 Procesamiento de CP .....	85
Figura 18 Análisis de CP con gráfico de Biplot.....	86
Figura 19 Resultados de CP.....	86
Figura 20: Base de datos the POWER project.....	87
Figura 21: Visor de acceso a datos .....	87
Figura 22: Selección de latitud, longitud del área en estudio. ....	88

Figura 23: Selección de datos (temperatura).....	88
Figura 24: Reporte de datos descargados en Excel. ....	89
Figura 25: Geoservidor Giovanni.....	89
Figura 26: Selección de satélite TRMM.....	90
Figura 27: Datos de precipitación expresado en mm/mes.....	90
Figura 28: Selección de rangos de fechas.....	91
Figura 29: Serie temporal por área. ....	91
Figura 30: Procesando datos a extraer.....	92
Figura 31: Gráfica de precipitación.....	92
Figura 32: Descarga de datos.....	93
Figura 33 Calicata N <sup>0</sup> 1.....	95
Figura 34 Calicata N <sup>0</sup> 2.....	97
Figura 35 Calicata N <sup>0</sup> 3.....	99
Figura 36 Calicata N <sup>0</sup> 4.....	101
Figura 37 Establecimiento de parcelas y georreferenciación de especie <i>Cinchona</i> sp. ....	102
Figura 38 Recolección de muestras de suelo por calicata establecida. ....	102
Figura 39 Establecimiento de distancia de <i>Cinchona</i> sp., para establecer la calicata .....	103
Figura 40 Establecimiento de parcelas en el área de estudio .....	103
Figura 41 Recolección de datos dasométricos.....	104
Figura 42 Medición de altura de especie <i>Cinchona</i> sp.....	104

## **Resumen**

El género *Cinchona* agrupa 23 especies, de las cuales 19 se encuentran distribuidas en Perú, pese a ser un género muy apreciado a nivel mundial, a la actualidad se viene degradando sus hábitats de manera acelerada, sin haber realizado investigaciones de la calidad de sitio de estas especies. El objetivo de la presente investigación es estudiar la calidad de sitio de *Cinchona* sp., en el bosque montano La Palma, provincia de Chota. Se establecieron cuatro parcelas de 500 m<sup>2</sup>, donde se midieron la altura total y la circunferencia a la altura del pecho de los árboles de *Cinchona* sp; asimismo, se obtuvieron muestras de suelo. De los resultados del análisis físico y químico del suelo, variables climáticas y topográficas. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y el test de Duncan para comparar las diferentes calidades de sitio, asimismo, se ejecutó análisis de correlación, regresión y multivariado, para explicar la relación de las variables edafoclimáticas con la altura de los árboles de *Cinchona*.sp. Se determinó que no existe diferencia estadística entre las alturas de los árboles evaluados, por cuanto, se determinó la existencia de una sola calidad de sitio para *Cinchona* sp. en el área de estudio.

**Palabras claves:** *Cinchona* sp, calidad de sitio, La Palma

## **Abstract**

The gender *Cinchona*, comprises 23 species, of which 19 distributed in Perú, despite being a gender very appreciated all over the world to the present it come degrading their habitats of accelerated way, whithout have done research in situ of the site quality of is species. Thus, the objective of the present investigation is studies the site quality of *Cinchona* sp., in the montane forest La Palma, province of Chota. It was established four plots of 500 m<sup>2</sup>, where was it measured the total height and the circumference to the chest height of the trees; in addition, they were obtained samples of soil for established soil. Of the results of the physical and chemical analysis of the soil, climatic and topographic variables. It has been made the analysis of variance (ANOVA) using the test of Duncan in order to determine site quality, likewise, it was done regression, correlation and multivariate analysis allowed explain the relation of these with the height of the trees of *Cinchona*. Concluding that doesn't exist a difference statistic between the height of the trees evaluated, it was determined the existence of an alone site quality for *Cinchona* sp., in the area of study.

**Keywords:** *Cinchona* sp, site quality, La Palma.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La calidad del sitio es utilizada desde hace mucho tiempo en la silvicultura como un indicador de la productividad del sitio (Moreno *et al.*, 2018), tener conocimiento de la calidad de sitio resulta fundamental en la parte forestal debido a que permite conocer las condiciones que requiere una especie para su crecimiento y desarrollo en el bosque, así como la elección de un sitio para la siembra de una especie propicia en el lugar adecuado (González *et al.*, 2013); puesto que la ausencia o presencia de algunos factores ambientales pueden generar limitaciones o impulsar el crecimiento de la especie (Mora *et al.*, 2015).

La calidad de sitio forestal refleja la capacidad productiva de madera de un sitio explícito y proporciona información decisiva para planificar el manejo forestal (Noordermeer *et al.*, 2020) siendo una expresión agregada de todos los factores abióticos y bióticos que ejercen influencia en la tasa de crecimiento de un bosque (Bontemps y Bouriaud, 2013). El índice del sitio, son estimados mediante métodos indirectos y directos (Daniel *et al.*, 1982; Gadow *et al.*, 2007). Los directos basados en la relación entre el diámetro y la altura, en el caso de la forma del sitio, y entre la altura y la edad, en el caso del índice de sitio. Así mismo, los indirectos correlacionan los factores fisiográficos, climáticos, edáficos y de sotobosque (Pacheco Marques, 1991; Baridón *et al.*, 2005; Bravo y Montero, 2005).

El bosque montano La Palma ubicado al este 0761753 y norte 9281900 cuenta con una extensión de 25 ha. En este ecosistema Burga-Cieza *et al.* (2020) registraron 908 individuos distribuidas en 30 especies, 27 géneros y 23 familias. Si bien es cierto que existen decretos promulgados con la finalidad de proteger el género *Chinchona* (R.M N<sup>0</sup>

0258-99-AG; D.S N° 043-2006 AG), pero hasta la actualidad no se están cumpliendo a pesar de los esfuerzos que se está realizando por parte de las autoridades para la protección de las especies de este género, observándose una degradación severa por causas de cambio de uso de suelo, agricultura entre otros; dichos impactos, han reducido considerablemente el hábitat natural de la *Cinchona*, a tal punto que en la actualidad *Cinchona fruticosa* L. Andersson, *C. glandulifera* (Ruiz) Ruiz y Pav., *C. krauseana* L. Andersson, *C. pyrifolia* L. Andersson, *C. scrobiculata* Bonpl., estas especies se encuentran en la clasificación datos insuficientes (DD) y *C. micrantha* Ruiz & Pav. como de preocupación menor (LC) (Pino y Taylor, 2006; UICN, 2012). En Perú se ha prohibido la extracción de estas especies en todo el territorio nacional (R.M. N° 0258-99-AG-2019). Este aspecto, nos obliga a implementar programas de restauración de la especie en su ámbito natural.

El presente proyecto tiene por finalidad conocer las relaciones de los factores edáficos, climáticos y topográficos con respecto al crecimiento y desarrollo de *Cinchona* sp., esta información permitirá conocer las condiciones de sitio requeridas por estas especies, contribuyendo al éxito de futuras plantaciones forestales comerciales, de enriquecimiento y restauración de la especie y su hábitat. Considerando que, son especies de alto valor en la medicina, como insumo en la gastronomía, económico y cultural, representado la diversidad florística del país, encontrándose en el escudo nacional. Desde el enfoque silvicultural, permitirá conocer los componentes edafoclimáticos que intervienen de manera negativa o positiva en el desarrollo y crecimiento de la especie; para establecer programas de adaptabilidad según su requerimiento. Asimismo, reconocer el servicio ecosistémico que brinda como refugio a la fauna, disminución de la velocidad

del viento, protección de bajas temperaturas que pueden afectar la producción de cultivos;  
en este sentido las preguntas que se proponen responder con la investigación son:

### **Problema general**

¿Cuáles son las características climáticas, topográficas y edáficas que condicionan la calidad de sitio de *Cinchona* sp. en el bosque montano La Palma, provincia de Chota?

### **Problemas específicos**

¿Qué características presenta los suelos donde se desarrolla la especie *Cinchona* sp.?

¿Qué condiciones presentan los factores climáticos en las que crece y se desarrolla la *Cinchona* sp.?

Persiguiendo los siguientes objetivos con la investigación:

### **Objetivo general**

- ✓ Determinar la calidad de sitio de *Cinchona* sp., en el bosque montano La Palma, provincia de Chota.

### **Objetivos específicos.**

- ✓ Conocer las características físicas y químicas de los suelos donde se desarrolla la especie *Cinchona* sp., en el área de estudio.
- ✓ Conocer las condiciones climáticas de la zona del bosque montano La Palma en la que crece y se desarrolla la *Cinchona* sp.

Planteándose las siguientes hipótesis:

$H_0$  = Ninguno de los factor climáticos, topográficos y edáficos condiciona la calidad de sitio de la *Cinchona* sp., en el bosque montano La Palma.

$H_1$  = Al menos uno de los factores climáticos, topográficos y edáficos condiciona en la calidad de sitio de la *Cinchona* sp., en el bosque montano La Palma.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

Padilla Rosales (2017) estudió la fenología y las características edáficas en el que crece la *C. officinalis* L., en remanentes boscosos de la provincia de Loja, determinando que, esta especie crece en suelos ricos en hierro, nitrógeno y materia orgánica; además alto contenido de acidez para todos los sectores presentando mayor porcentaje de arena que limo y arcilla.

Yucta Quinteros (2016) evaluó la composición florística y estructura relacionada al hábitat de crecimiento de *C. officinalis*, en la provincia de Loja, encontrando que la regeneración natural de la especie es baja, debido a que el área de crecimiento de la especie está reducido a terrenos degradados y con presencia de fuertes pendientes.

Villar *et al.* (2018) en estudios de la silvicultura de la quina *C. officinalis*, en la zona de amortiguamiento del BPP, Querocoto, determinaron que la quina se desarrolla en zonas de topografía montañosa con pendientes que oscilan de 17 a 53 %, altitudes entre 2400 a 3000 m s.n.m., con presencia de precipitación aproximada de 520 mm, a temperaturas promedio de 13 a 15 °C con máximas de 21 °C y mínimas de 9 °C, requiere además una humedad relativa promedio de 80 %, en suelos con elevada cantidad de materia orgánica y aluminio, con pH ácido.

#### 2.2. Bases teóricas

##### 2.2.1. Género *Cinchona*

Para Huamán *et al.* (2019) el género *Cinchona*, se encuentra conformado por 23 especies, de las cuales 19 se encuentran distribuidas en Perú, asimismo, dos son

consideradas endémicas (Suárez Torres, 2018); La Comisión Nacional de la Biopiratería -BIOPAT- (2018) lo describe como una especie forestal de porte pequeño, mediano o arbustivo, caracterizándose por su corteza de sabor amargo, que ramifica desde la mitad del fuste; Huamán *et al.* (2019) refiere que *Cinchona* se la encuentra en bosques montanos, encontrándose asociado a especies como romerillo “*Podocarpus rospigliosii*”, cedro de altura “*cedrela sp.*” zarzamora “*Rubus sp.*” epífitas como Bromeliaceas y Briofitas (Zevallos Pollito, 1989).

Fernández Rafael (2017) menciona que algunas especies presentan distribución amplia y otros de carácter restringido y amenazadas. Huamán *et al.* (2019) reportan la presencia de 11 especies del género *Cinchona* en Piura y Cajamarca, representando un 48 % del total del género presente en el país.

### **2.2.2. Origen de la quina**

Oriunda de los andes de países como Perú, Colombia, Bolivia, Guatemala y Ecuador, creciendo en los rangos altitudinales de 900 a 3400 msnm, la *C. pubescens* es originaria de Loja, *C. calisaya* de Perú y sur de Bolivia, la *C. officinalis* del norte de Perú hasta Colombia y la *C. ledgeriana* de Bolivia. Siendo introducidas en muchos países con clima cálidos de Asia, África y Sudamérica (Cifuentes Mendez, 2013).

### **2.2.3. Importancia histórica de la quina**

Zevallos Pollito (1989, citado en Fernández Rafael, 2017) describe que históricamente se la conoce a esta especie, siendo el origen de su denominación:

El nombre de *Cinchona* surge de Chinchón, referido a la Condesa Chinchón, doña Ana de Osorio, pareja de Luis Jerónimo Fernández de Cabrera y Bobadilla, IV Conde

de Chinchón y XIV (décimo cuarto) virrey del Perú. Lima Jiménez (2016) fue descubierta durante el siglo XVII; conocida generalmente como quina o cascarilla, tiene como componente en su corteza la sustancia que curó la malaria y paludismo, siendo usada desde tiempos incaicos, por ello se la considera la “Salvación de la humanidad”, por su tratamiento efectivo contra la fiebre ocasionadas por el paludismo. El galeno italiano Sebastiano Bado en el año 1650 señaló: “La corteza resultó ser de gran importancia para la humanidad más que la plata y el oro extraídos por los españoles del Perú” (Fernández Rafael, 2017, p.11).

En un inicio, se sabía de la presencia de dos tipos de Cinchonas; más adelante, estudios ejecutados mediante ilustraciones permitió encontrar más especies como: *C. pubescens* Vahl., y *C. officinalis* L., siendo el pionero en la botánica de estas especies el francés Carlos María de la Condamine (1736); quien en sus visitas por el Perú, realizó estudios en este árbol, con el botánico José de Jussie, visitaron la sierranía de Cajanuma ubicado cerca de Loja, donde ilustró e hicieron una descripción de la primera planta de cascarilla (*C. officinalis*) (Tapia Alvarado, 2013).

### **2.2.3.1. Importancia cívica**

La quina enorgullece cívicamente al Perú (Fernández Rafael, 2017), reflejándose su presencia en el escudo nacional peruano, representando la riqueza vegetal de nuestro país (Zevallos Pollito, 1989). En el país se instauró el 2011, la orden del árbol de la quina, cuyo principio fue brindar un valor a este símbolo nacional y rendir homenaje a personalidades notorias en la preservación de la biodiversidad y el ambiente; siendo el primero en conseguir este reconocimiento, el músico inglés Paul McCartney (Álvarez Alonso, 2013).

### **2.2.3.2. Importancia medicinal**

Medicinalmente la cascarilla o árbol de la quina se da a conocer desde el año 1649, utilizándose por primera vez en Europa por los jesuitas, por sus características terapéuticas; lo que conllevó, a que se la requiera en cantidades muy elevadas durante las dos últimas guerras mundiales. Esto a la presencia de la quinina, que es un alcaloide con propiedades antifebrífugas; encontrándose que *C. officinalis* produce un 4 % de alcaloide cristalizables y 1 % de sulfato de quinina (Fernández Rafael, 2017).

### **2.2.3.3. Importancia económica**

Este aspecto, se encuentra basado en la importancia que simboliza para el comercio internacional de derivados obtenidos de estas especies, siendo muy importante para aquellas naciones en vías de desarrollo, que figuran como principales distribuidores hacia mercados internacionales; la obtención de corteza de cascarilla a nivel nacional oscila entre 8 000 y 10 000 t, siendo importadores países como Colombia, Brasil, Costa Rica, Bolivia (Fernández Rafael, 2017); cotizado para la elaboración de agua tónica que es utilizada para la preparación de cócteles (Villar *et al.*, 2018).

### **2.2.3.4. Importancia forestal**

Especies con alto valor desde el punto de vista maderable, siendo utilizado para la obtención de tablas y mueblería; esto debido a coloración rosado, presenta grano fino a mediano, de gran flexibilidad o elasticidad; permitiendo que sea una madera fácil de trabajar, consiguiendo lustrosos acabados (Fernández Rafael, 2017).

### **2.2.3.5. Importancia gastronómica**

BIOPAT (2018) menciona que la quina presenta una nueva utilidad en el mercado gastronómico como gin tonic (cóctel); cuya característica principal es el sabor amargo, que ha ocupado el mercado de bebidas gaseosas, específicamente en el continente europeo y EE.UU.

### **2.2.4. *Cinchona Officinalis* L.,**

La *C. officinalis* L., usualmente conocida como quina, cascarilla o árbol de quina; crece en los países de Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia, históricamente conocida desde los tiempos del virreinato, cuando la Condesa de Chinchón, esposa del décimo cuarto virrey del Perú fue sanada del paludismo con una preparado de la corteza de *C. officinalis* L (Villar *et al.*, 2018).

Árbol de tamaño grande (12 – 16 m) a mediano en ocasiones, puede llegar a ser solo un arbusto, alcanzando 1,5 cm de diámetro rara vez (Lima Jiménez, 2016; Paniagua *et al.*, 2020). Presenta hojas ovaladas, coriáceas, de color verde oscuro, pecioladas y con grandes nervios; corteza de color marrón oscuro, ligeras fisuras desprendiendo pequeñas placas de manera irregular; durante los primeros años de 6 a 8 presenta un crecimiento acelerado. La ramificación parte del fuste una altura más o menos de 6 m; presenta autopoda de las ramas bajas (Lima Jiménez, 2016).

En el país se distribuye en las regiones de Cajamarca, Amazonas, Piura, Lambayeque, Huánuco, San Martín, Pasco, Junín, Puno y Madre de Dios; siendo distribución principal el Norte peruano (Cajamarca y Piura); en la región de Cajamarca se la localiza en Chota, Santa Cruz, Cutervo y Jaén (Villar *et al.*, 2018).

Tabla 1

*Taxonomía de la especie forestal Cinchona officinalis L*

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Sub reino</b>	Tracheophyta
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Rubiales
<b>Familia</b>	Rubiaceae
<b>Subfamilia</b>	Cinchonoideae
<b>Género</b>	Cinchona
<b>Especie</b>	<i>Cinchona officinalis</i> L
<b>Nombre común</b>	Árbol de la quina, Quina, Cascarilla

Fuente: Adaptado de Zevallos (1989) y Villar et al. (2018) para nominar la especie.

**2.2.5. *Cinchona pubescens* Vahl**

Especie forestal de 8 a 12 m de altura, de fuste cilíndrico irregular, copa globosa a globosa irregular, cuya corteza externa es de color marrón plumizo con aspecto fisurado y de presencia de lenticelas. Hojas simples opuestas, envés pubescente y el haz glabro. Se encuentra en ambas vertientes de la cordillera de los Andes, en las regiones de Junín, Huánuco, Cajamarca, Junín, Lambayeque, Cusco, Piura, Amazonas, y Puno, entre 400 a 3200 m s.n.m (Zevallos Pollito, 1989, p. 39).

Tabla 2

*Taxonomía de la especie forestal Cinchona pubescens Vahl*

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Sub reino</b>	Tracheophyta
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Rubiales
<b>Familia</b>	Rubiaceae
<b>Subfamilia</b>	Cinchonoideae
<b>Género</b>	Cinchona
<b>Especie</b>	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl.
<b>Nombre común</b>	Cascarilla, Quina, c. colorada, c. roja, c. amarilla.

Fuente: Adaptado de Zevallos (1989) y Villar et al. (2018) para nominar la especie.

### 2.2.6. *Cinchona humboldtiana* Lamb

Especie nativa, es un arbusto de hasta 6 m de altura, fuste cilíndrico, con diámetro entre 10 a 20 cm, corteza externa de aspecto liso de color negro amarillo, con presencia de lenticelas ligeramente alargadas. Hojas de 8 a 14 cm de largo y 4 a 7 cm de ancho (sin incluir pecíolos). Su distribución se encuentra en la región de Cajamarca en las provincias de Chota y Jaén, hacia las vertientes orientales; entre 1800 y 2850 msnm (Zevallos Pollito, 1989, p.27).

Tabla 3

#### Taxonomía de la especie forestal *Cinchona humboldtiana* Lamb

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Sub reino</b>	Tracheophyta
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Rubiales
<b>Familia</b>	Rubiaceae
<b>Subfamilia</b>	Cinchonoideae
<b>Género</b>	Cinchona
<b>Especie</b>	<i>Cinchona humboldtiana</i> Lamb.
<b>Nombre común</b>	cascarilla colorada, cascarilla negra, negra

Fuente: Adaptado de Zevallos (1989) y Villar et al.(2018) para nominar la especie.

### 2.2.7. *Cinchona delessertiana* Standl

Se la conoce como “crespilla”, es sub arbustiva o arbórea propia del Noreste del Perú, se la encuentra en Amazonas y Cajamarca a una altura de 1800 a 2900 msnm (Fernández Rafael, 2017).

Tabla 4

#### Taxonomía de la especie *Cinchona delessertiana* Standl

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Sub reino</b>	Tracheophyta
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Rubiales

<b>Familia</b>	Rubiaceae
<b>Subfamilia</b>	Cinchonoideae
<b>Género</b>	Cinchona
<b>Especie</b>	<i>Cinchona delessertiana</i> Standl
<b>Nombre común</b>	Crespilla

---

Fuente: Adaptado de Zevallos (1989) y Villar *et al.* (2018) para nominar la especie.

### 2.2.8. Calidad de sitio forestal

La calidad de sitio es la capacidad productiva de un lugar determinado sobre la superficie terrestre; en el que sitio define a los factores abióticos y bióticos; la calidad es el producto de la interacción de los factores edáficos, climáticos y vegetación existente (Vásquez y Ugalde, 1995). Mientras mayor calidad presente el sitio, se incrementará la capacidad para obtener productos forestales de buena calidad (Levican Aguilar, 2005), pudiendo ser modificadas por algún tipo de intervención humana como aplicación de fertilizaciones, laboreos, drenajes (Huaripata Chilón, 2013).

### 2.2.9. Importancia de la calidad de sitio forestal

La importancia de determinar la calidad de sitio se debe a que cada lugar cuenta con características propias de suelo, vegetación, clima; permitiendo un mejor desarrollo de especies arbóreas en un sector en concreto, debido a que cada especie forestal se desarrolla mejor dentro de determinadas gradientes ambientales (López García, 2013).

La capacidad productiva forestal varía de manera considerable en función a la calidad de sitio, por lo que es de gran importancia evaluar y saber cuáles son los parámetros que influyen en la calidad de sitio para una especie determinada (Huaripata Chilón, 2013).



Diéguez *et al.* (2009) indica que las siguientes razones justifican la importancia que tiene estimar de manera correcta la calidad de sitio:

- ✓ Permite la identificación de terrenos aptos para el crecimiento de especies forestales.
- ✓ La calidad de los productos maderables y sus valores a edades diferentes en gran medida están en función de la calidad de sitio.
- ✓ La respuesta a algunos tratamientos culturales a menudo difiere de manera drástica entre áreas de distinta calidad de sitio. Por esto, en algunos casos, inversiones que para una especie en específica están plenamente justificadas en sitios de buena calidad constituyen desastres económicos en los sitios menos productivos.

#### **2.2.10. Evaluación de la calidad de sitio forestal**

Presenta por objetivo conocer el potencial que presenta un sitio para el crecimiento de árboles, tomando en cuenta las dimensiones de la especie y los factores ambientales que intervienen (Huaripata Chilón, 2013). Por ello, contar con instrumentos permitan realizar una evaluación de calidad de sitio en plantaciones forestales en los primeros años, es beneficioso para la toma de decisiones y realizar un buen manejo de especies arbóreas (Salasar *et al.*, 2012). Siendo conveniente, mejorar las técnicas de evaluación de calidad de sitio, que permita contar con instrumentos para una mejor comprensión de patrones de crecimiento, evaluación; facilitando la elección de factores ambientales a considerar para evaluar (Huaripata Chilón, 2013).

### 2.2.11. Modelos para evaluar la calidad de sitio

Existen diversas metodologías para determinar la calidad de sitio; López García (2013) describe que el método aplicado va a depender del que se adecúe al sitio. Para lo cual existen dos métodos: los directos e indirectos (Carmean, 1975; Clutter *et al.*, 1983) y su elección va a depender de la ausencia o presencia de las especies de interés en el lugar a evaluar, y de las variables a considerar (Huaripata Chilón 2013).

Tabla 5

*Métodos para evaluación de calidad de sitio*

<b>Métodos directos</b>	Estimar mediante los registros históricos de producción.
	Estimar mediante datos de volúmenes del rodal.
	Estimar mediante datos de altura del rodal.
<b>Métodos indirectos</b>	Estimar de las relación entre especies del estrato superior
	Estimar a través de la vegetación menor.
	Estimar mediante factores climáticos, topográficos, y edáficos.

Fuente: Iturre y Araujo (2006, p. 28)

#### 2.2.11.1. Método directo

Este método es más costoso, se basa en la medir las masas existentes, basándose en datos históricos, elaborando tablas de rendimiento normal, de especies en rodales con una evaluación continua del crecimiento y desarrollo (Angulo y Reyes, 2015).

#### 2.2.11.2. Método indirecto

Los modelos generados por este método son prácticos en la medida que tenga pocas variables y de fácil medición, se utiliza para determinar sitios una vez conocido el índice de sitio y de este modo conocer la relación con los factores ambientales existentes (Angulo y Reyes, 2015).

### 2.2.11.2.1. Índice de sitio

El índice de sitio (IS) es la altura dominante que puede lograr una especie en un lugar a una edad base (Vásquez y Ugalde (1995), es decir viene a ser la expresión de la calidad de sitio, en base a la altura dominante (Vallejos Barra, 1996). Siendo el IS un indicador del grado de factores edáficos, climáticos y bióticos, que benefician o perjudican el crecimiento de una especie forestal de un área o sitio determinado (Villena Velásquez, 2007, p. 24). Sin embargo, si se visualiza desde una perspectiva ecológica, el IS es un reflejo de una característica de crecimiento adaptativo de las especies arbóreas ( King, 1990 ; Bontemps *et al.*, 2012). Y se denota con la siguiente fórmula.

$$Y = f (X_1, \beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n, \dots)$$

Donde:

Y = Altura

X = Edad

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n \dots$  = Parámetros

### 2.2.12. Factores ambientales asociados al desarrollo de la *Cinchona sp.*

La Cascarilla requiere climas húmedos, precipitaciones abundantes y nubosidad la mayor parte del año (Asicon Caba, 2013).

#### 2.2.12.1. Factores climáticos

La temperatura y precipitación influyen para determinar las condiciones climáticas de un sitio (López Gracia, 2013), en efecto Montero Mata (1999) describe que variables como precipitación y temperatura, influyen mayormente en el crecimiento y distribución

de los bosques pudiendo ser usados como índice de productividad forestal. El clima donde crece y desarrolla el género *Cinchona* pertenece principalmente a "Ceja de montaña" o "Ceja de Selva", por lo general requiere climas húmedos, cálidos, precipitaciones abundantes, persistentes y presencia de nubosidad la mayor parte del año (Zevallos Pollito, 1989). Siendo la demanda de precipitación un poco menos de 2 000 mm, distribuyéndose durante todo el año; en lugares, con períodos secos notorios requiere una precipitación pluvial de 3 500 mm como mínimo y zonas muy altas en las montañas no son apropiados para el desarrollo de quina; soporta temperaturas que oscilan entre 6.5 °C hasta 25 °C; condicionadas por la latitud y altitud de la zona (Asicona Caba, 2013)

#### **2.2.12.2. Factores topográficos**

El estudio de los factores topográficos con relación a la determinación de calidad de sitio, se debe a que influyen en la formación del suelo (Montero Mata 1999). Así mismo, las zonas que presentan topografías onduladas y empinadas intervienen de manera significativa en el microclima (Asicona Caba, 2013).

La influencia que ejerce la topografía en la calidad de sitio se debe a tres elementos: exposición, aspecto y posición. El primero viene hacer la falta de protección contra vientos, el segundo hace referencia a la dirección que presenta el frente de la pendiente en respecto al norte magnético, y la posición hace mención al lugar que ocupa sobre la pendiente; de este modo la topografía es la relación de la luz y la humedad aprovechable para las plantas (Angulo y Reyes, 2015).

Según Ortega Baldizon (1986) los elementos de los factores topográficos no ejercen influencia directa sobre el crecimiento de las especies; algunos actúan como

condicionantes que influyen sobre procesos fisiológicos del árbol; como lixiviación de los nutrientes presentes en los suelos, acumulación de materia orgánica; estos determinan el desplazamiento del agua sobre y dentro del suelo como también el desarrollo del suelo.

Zevallos Pollito (1989) menciona que el género *Cinchona* se puede encontrar principalmente en sitios con fisiografías onduladas y en pocas áreas suaves, siendo su presencia en mayor proporción en laderas de valles interandinos ubicados en Chota, San Ignacio, Cutervo, Jaén; también se la encuentra en topografías predominantemente empinadas.

### **2.2.12.3. Factores edáficos**

El potencial del suelo forestal es el sustento para la cobertura arbórea, así también, la fertilidad del suelo es el medio para el suministro de nutrientes para el crecimiento de las especies forestales. El suelo determina la calidad de sitio, ejerciendo influencia en el crecimiento de bosques, calidad maderable, resistencia frente a especies invasoras (López García, 2013). En un sitio geográfico la diferencia de la productividad se atribuye a la variación en temperatura, fertilidad del suelo y sequía (Daniel *et al.*, 1982).

La textura es una de las propiedades físicas, que expresa la distribución del tamaño de las partículas que lo conforma; conocerla nos permite saber el grado de productividad del suelo, la retención del agua, capacidad de infiltración y densidad aparente (Pereira *et al.*, 2011). Es una característica muy importante del suelo, debido a que presenta características propias y permanentes, debido a que las modificaciones de sus características son lentas y complejas (Zuleta, 2015).

La cantidad de nutrientes determina la calidad de sitio, puesto que indica los requerimientos de la especie o los árboles para su crecimiento y desarrollo; en los ecosistemas que no han sido intervenidos los nutrientes se encuentran en estado de equilibrio, es decir el ingreso de estos es aproximadamente igual a la salida de los mismos (Daniel *et al.*, 1982).

La disponibilidad de micronutrientes se incrementa generalmente cuando la acidez del suelo incrementa; por ende, la disminución significativa de la acidez en el suelo puede provocar la deficiencia de uno o más de estos elementos. El pH es de gran importancia en los suelos forestales debido a que influye en la disponibilidad de nutrientes, funciones de la vida de los organismos y las propiedades físicas del suelo, pudiéndole considerar como un instrumento útil para la selección de sitios de plantaciones forestales (Villena Velásquez, 2007), este puede variar en suelos forestales ampliamente, dependiendo del material de origen y la vegetación dominante (Thiers *et al.*, 2014, p.26).

Schlatter y Gerding (2014) refieren que el sitio es controlado en su productividad por los nutrientes aprovechables fisiológicamente. Siendo los elementos primordiales para el desarrollo de árboles: Ca, N, C, H, O, K, P, Mg, Fe, S y dentro de los elementos que también influyen en menor cantidad en el crecimiento de las plantas se encuentran el Bo, Mn, Zn, Cu, Mb. Estos cumplen funciones concretas y fundamentales en el desarrollo de las plantas (Villena Velásquez, 2007); siendo absorbidos en los primeros centímetros de profundidad del suelo por las raíces absorbentes de nutrientes y agua (Herrera y Alvarado, 1998); puesto que el horizonte A refleja el nivel de nutrientes presentes (Daniel *et al.*, 1982).

El suelo que requiere las plantaciones comerciales de árbol de quina es de origen volcánico, si estos son jóvenes se obtendrá mejores rendimientos; caracterizándose por ser suelos fértiles, profundos; tener una elevada capacidad para retener humedad, ricos en materia orgánica. Entre los suelos donde también se desarrolla la especie encontramos a los aluviales y coluviales; estos son suelos muy profundos a profundidad media, con textura media. La Quina se puede encontrar asociada a algunas especies forestales como el Nogal “*Juglans neotropica* Diels”, Romerillo “*Prumnopitys harmsiana*”, Cedro de altura “*Cedrela montana* Moritz ex Turcz” (Asicona Caba, 2013).

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1. Calidad de sitio**

La calidad de sitio se entiende como la capacidad de un espacio específico para el crecimiento de especies forestales; o viene a ser la respuesta, del crecimiento y desarrollo de una especie forestal determinada, al conjunto de factores ambientales existentes en un lugar específico (González *et al.*, 2013).

### **2.3.2. Bosque**

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2012), refiere que los bosques vienen a ser áreas mayores a 0,5 ha, con presencia de especies arbóreas con alturas superiores a 5 m y cobertura de copa superior al 10 % del área.

### **2.3.3. Precipitación**

El término precipitación incluye a las aguas meteóricas que bajan a la superficie terrestre, sea en forma líquida o sólida (granizo, nieve) (Segerer y Villodas, 2006).

### **2.3.4. Temperatura**

Primo Salazar (2015) refiere que la temperatura en la superficie terrestre viene determinada por la cantidad de calor que se almacena, a su vez depende del flujo de calor además de algunos mecanismos como evaporación, escurrimiento superficial.

### **2.3.5. Topografía**

Se encuentra relacionada con la configuración de la superficie del terreno y es descrita en términos de diferencia en elevación, pendiente y posición relativa en el paisaje; pudiendo retardar o acelerar el trabajo de los componentes climáticos en la formación del suelo (Thiers *et al.*, 2014, p.6).

### **2.3.6. Suelo**

Pereira *et al.* (2011) refiere que es un ser natural estructurado, que se encuentra en un cambio constante, requiriendo la intervención de factores bióticos (microorganismos, insectos) y abióticos (clima, relieve y tiempo) los que intervienen en el material parental y roca madre, para su formación y evolución.

### **2.3.7. Textura del suelo**

Es la distribución de las partículas del suelo, expresada en porcentaje (Ramírez, Carvajal 1997, p.10).



### **2.3.8. pH**

El pH o potencial hidrogeno es una escala numérica a la que se recurre para determinar la acidez o alcalinidad de una solución acuosa (Vázquez y Rojas, 2016, p.11).

### **2.3.9. Nutrientes del suelo**

Son minerales que las plantas requiere para llevar a cabo el proceso de fructificación y maduración (Pereira et al., 2011).

### **2.3.10. Densidad**

“La densidad se define como la masa por unidad de volumen (M/V)” (Pereira *et al.*, 2011).

## CAPÍTULO III

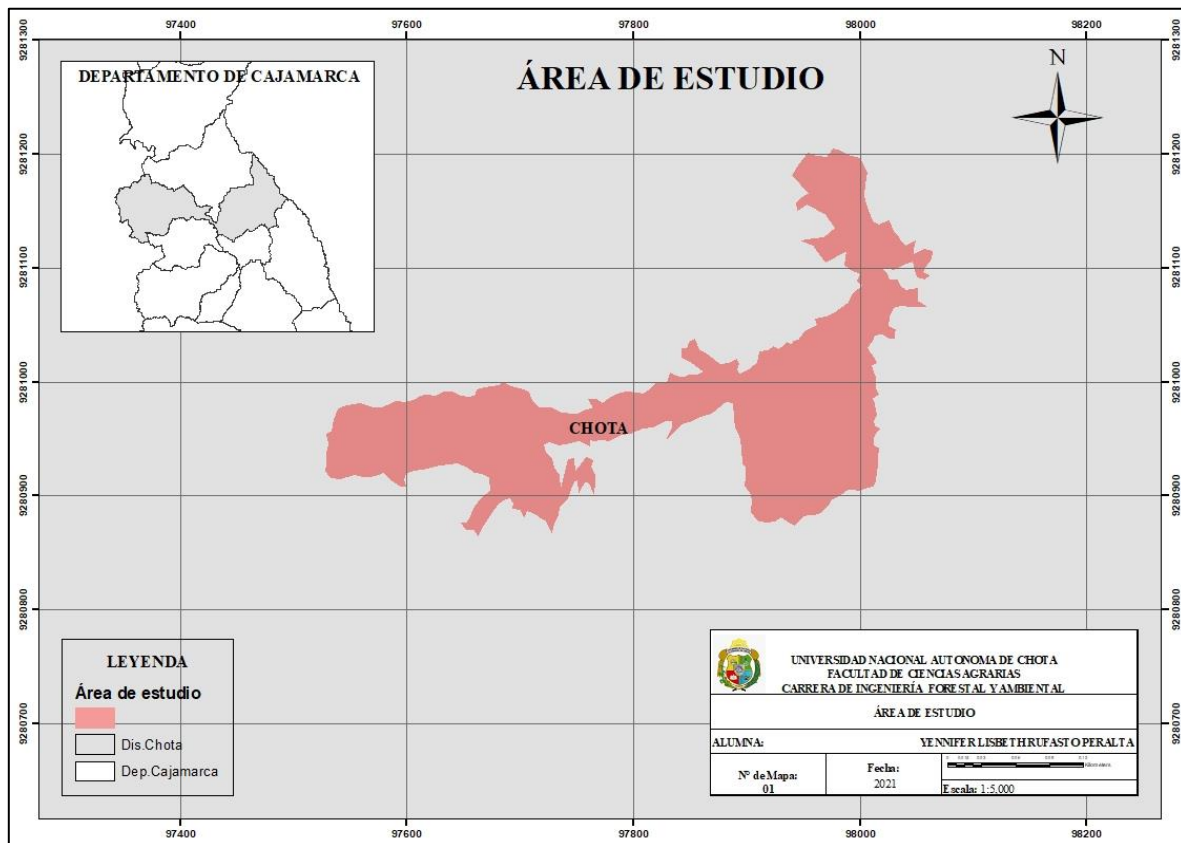
### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Ubicación

La investigación se ejecutó en el bosque La Palma, localizado en las coordenadas este 0761753 y norte 9281900; corresponde al departamento de Cajamarca, provincia y distrito de Chota. Se ubica a 40 min de la ciudad de Chota; el lugar de estudio se ubica a una altitud de 2846 msnm, cuenta con una extensión de 25 ha, la accesibilidad se inicia desde la ciudad de Chota por la carretera hacia el distrito de Chalamarca (Figura 2).

*Figura 1*

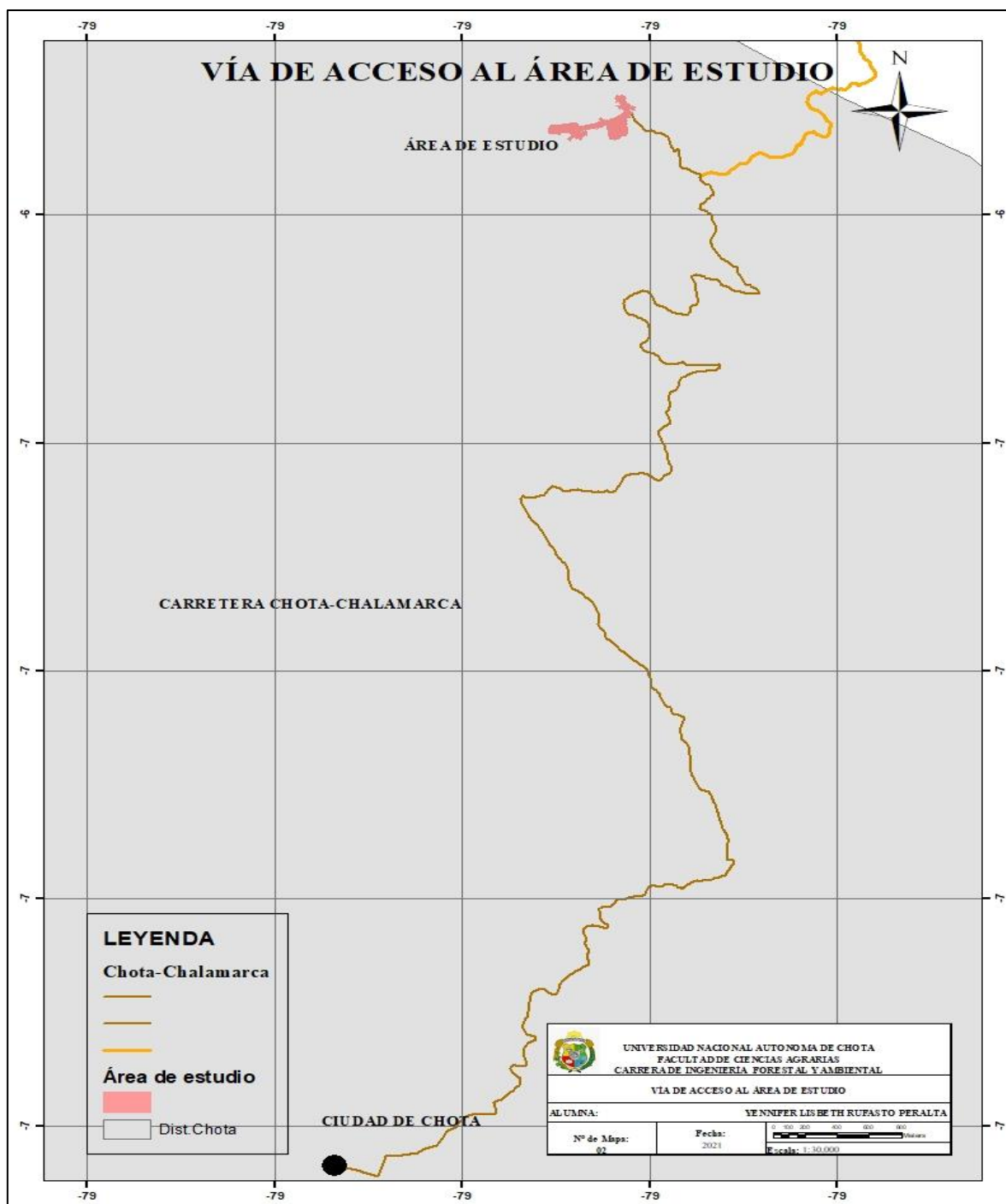
*Mapa del área de estudio*



Nota: La figura muestra la ubicación del área de estudio - La Palma

Figura 2

Mapa de vías de acceso al área de estudio



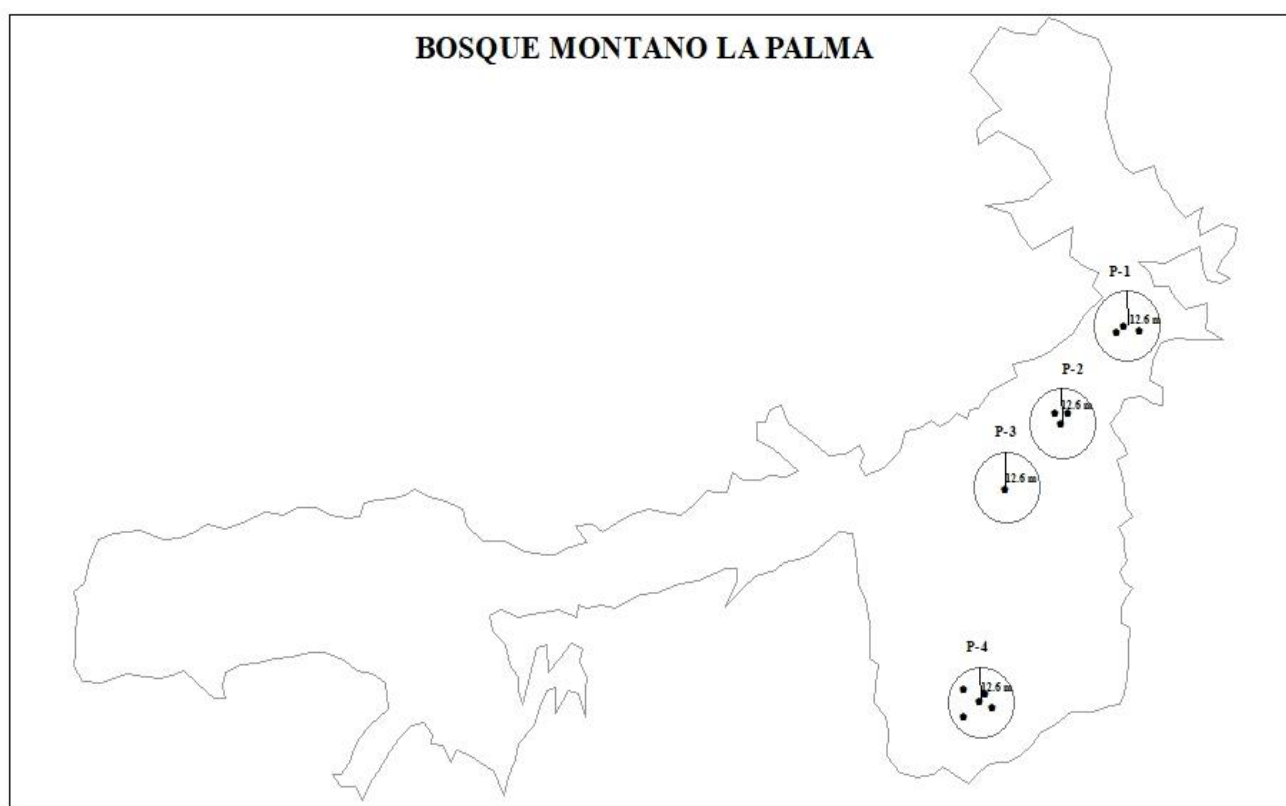
Nota: La figura muestra la vía de acceso al área de estudio.

### 3.2. Población y muestra

La población se encuentra representada por el bosque montano La Palma y la muestra está constituida por las parcelas de medición con ejemplares representativos de *Cinchona* sp.

*Figura 3*

*Población y muestra*



Para este estudio se utilizó el muestreo aleatorio simple, tomando como referencia a Mostacedo y Fredericksen (2000) los que refieren que este método es de “aplicabilidad general, y se emplea en situaciones donde se desconoce las características de las poblaciones forestales a medirse”.

### 3.3. Equipos, materiales e insumos

En la tabla 6 se muestra los equipos, herramientas y materiales requeridos para la ejecución del proyecto.

Tabla 6

*Equipo, materiales e insumos utilizados.*

<b>Equipos</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Materiales</b>
Hipsómetro Suunto	Pico	Bolígrafo
GPS	Palana	Plumón indeleble
	Tijera de podar	Libreta de campo
	Wincha	Etiquetas
		Bolsas ziploc
		Cinta adhesiva
		Paja rafia
		Tijera
		Plástico
		Guantes quirúrgicos
		Cinta métrica

### 3.4. Metodología de la investigación

La metodología empleada para la investigación determinación de calidad de sitio de *Cinchona* sp., se basó en la aplicación del método indirecto, mediante la estimación de la calidad de sitio en relación a factores topográficos, climáticos y edáficos cuyos procedimientos se describirán posteriormente.

#### 3.4.1. Técnica de recolección de datos

##### **Factores climáticos**

Según Montero Mata (1999) la temperatura y precipitación son los elementos climáticos que ejercen alta influencia sobre el crecimiento de ecosistemas de bosques; dichas variables se utilizaron en esta investigación, los datos de temperatura (T.máx, T.min, T.med) fueron obtenidos de forma gratuita desde la base de datos The POWER Project del sitio web: <https://power.larc.nasa.gov/>, y la precipitación (pp) desde la base

de datos GIOVANNI en el sitio web: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>, se debe recalcar que estas bases de datos, permite obtener estimaciones de las condiciones climáticas de lugares que no se cuenta con información de parámetros meteorológicos (Ver procedimiento de obtención de datos).

### **Factores topográficos**

Los valores de pendiente se obtuvieron de mediciones directas en campo, extrayendo los datos en la ubicación de cada árbol de *Cinchona* sp., encontradas por parcela, se evaluó la pendiente como única variable topográfica debido que “en los sitios de plantación es un factor determinante para el crecimiento” (Navarro y Martínez, 1989, p.28). También, se elaboró un mapa de zonas de vida, adquiriendo la información geoespacial del MINAM, de la web: <http://geoservidor.minam.gob.pe/>.

### **Factores edáficos**

Los factores edáficos se obtuvieron a partir de análisis de laboratorio de muestras de suelo provenientes de las parcelas; para ello se establecieron parcelas representativas teniendo en cuenta la topografía del terreno; cada parcela tuvo un radio de 12.6 m y área de 500 m<sup>2</sup> (Villena Velásquez 2007); de las que se extrajo una muestra proveniente de una calicata por parcela, las que fueron enviadas a laboratorio, para el análisis de sus propiedades físicas (arena, limo, arcilla) y químicas (pH, M.O, N, K, P, Al, Calcáreo total, C.I.C, C.E, Saturación de bases, Acidez de cambio, Ca).

El número de parcelas fueron instaladas según la cantidad de individuos de *Cinchona* sp., encontrados en la zona de estudio; Huaripata Chilón (2013) propone lo siguiente fórmula para determinar el número de parcelas:

$$N_p = \frac{n}{S_p}$$

Dónde:

$N_p$  : Número de parcelas

$n$  : Tamaño de la muestra (en hectáreas)

$S_p$  : Superficie de la parcela (en hectáreas)

### 3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

#### Datos vegetativos

Después de establecidas las parcelas en el área de estudio, se registraron los datos de altura total (ht) con hipsómetro SUUNTO Pm-5/360 y la circunferencia a la altura del pecho (CAP) a 1.30 m sobre el nivel del suelo, con cinta diamétrica, a cada árbol de *Cinchona* sp, de cada parcela.

#### Factores climáticos

Para la obtención de las variables climáticas, se utilizó la base de datos del portal web *The POWER Project* y *GIOVANNI* (satélite TRMM) disponible por la NASA.

#### Factores topográficos

Se requirió cinta métrica para la obtención de datos de pendiente además de un modelo digital de elevación recortado para el área de estudio, el cual se procesó utilizando el software de sistema de información geográfica permitiendo el procesamiento de los datos para la obtención de la información requerida haciendo uso de las herramientas de análisis terreno.

## Evaluación de factores edáficos

Para efectuar la colecta de muestras de suelo, todos los equipos utilizados estuvieron limpios, libres de cualquier sustancia química; se extrajo una muestra de suelo por parcela establecida, el proceso de obtención fue el siguiente:

- La muestra de suelo se extrajo en la cercanía del árbol *Cinchona* sp., según lo sugerido por Bonilla (1971) quién refiere que “tomar una muestra en la cercanía de los árboles elegidos”.
- Se excavó una calicata con un mínimo de 0.8 m de largo \* x 0.8 m de ancho y 1m de profundidad (figura 3) (Salas Salas, 2006).
- La muestra de suelo se extrajo considerando el horizonte A el cual fue evaluado (Huaripata Chilón, 2013) a una profundidad de 0 a 40 cm. Puesto que la mayoría de árboles presentan mayor densidad radicular en los primeros centímetros de suelo (Mendoza y Espinoza, 2017). Las raíces responsables de la absorción de nutrientes y agua se hallan en los primeros centímetros del suelo, además considera una buena profundidad de muestreo en donde se encuentre mayor volumen de raíces activas en la absorción de nutrientes y agua (Herrera y Alvarado, 1998).
- La ubicación de la calicata fue lo más representativo posible instalándose lo más cerca al árbol de *Cinchona* sp, obteniendo 1 kg de suelo de cada calicata instalada.
- Las muestras de suelo de cada calicata fueron colectadas en una bolsa ziploc etiquetada de tal forma que permitió identificar el “número o clave única de identificación de la calicata, nombre del proyecto, lugar de muestreo, hora y



fecha del muestreo, iniciales de la persona que toma la muestra”. (MINAM, 2014, p.21)

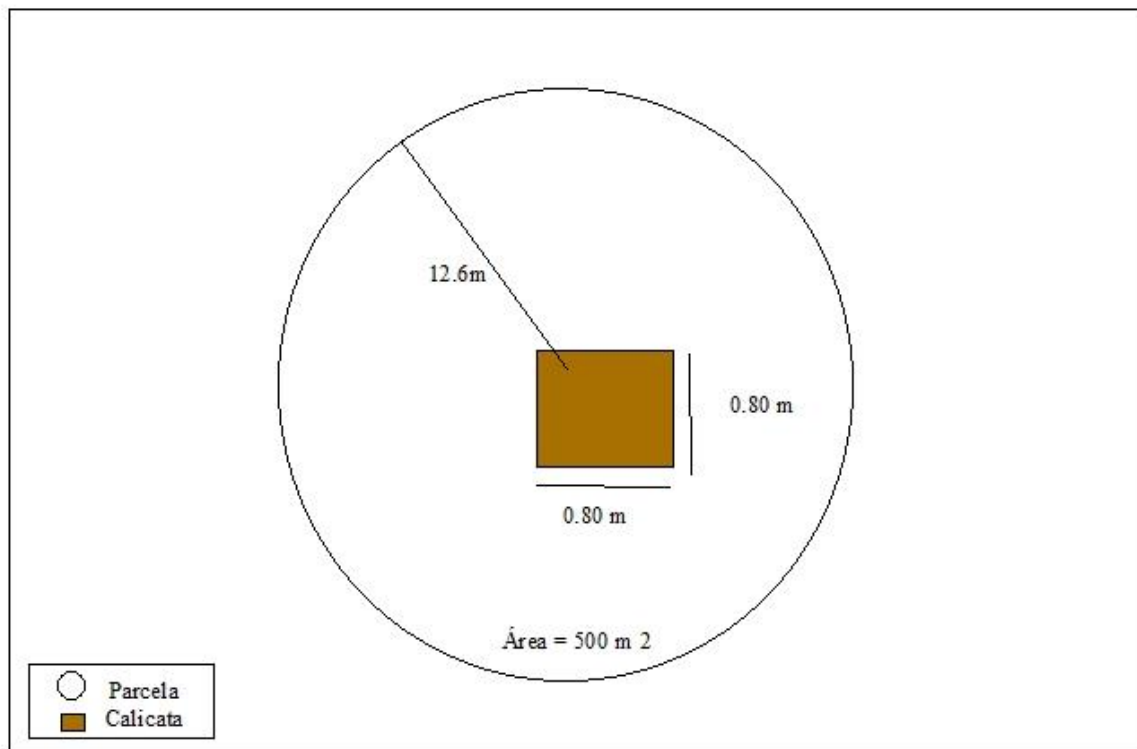
- Las muestras fueron llevadas al laboratorio de suelos, para el análisis físico (arena, limo, arcilla) y químico (pH, M.O, N, K, P, Al, Calcáreo total, CIC, C.E, Saturación de bases, Acidez de cambio, Ca), lo que permitió obtener los resultados requeridos registrándolos en un reporte de análisis de laboratorio. La determinación de las variables físicos y químicos se realizó a través de los siguientes métodos:

- ✓ Análisis mecánico (Textura): Método del hidrómetro.
- ✓ Salinidad: medida de la CE del extracto acuoso.
- ✓ pH: Medida en el potenciómetro de la suspensión suelo; agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KCl N, relación 1: 2.5.
- ✓ Calcáreo total (Ca CO<sub>3</sub>): método graso- volumétrico utilizando un calcímetro.
- ✓ Materia orgánica: Método Walkey y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. % M.O. = % C x 1.724.
- ✓ Nitrógeno total: Método del micro - Kjeldahl.
- ✓ Fosforo disponible: método de Olsen modificado, extracción con NaHCO<sub>3</sub> = 05M, pH 8.5
- ✓ Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH<sub>3</sub> – COONH<sub>4</sub>)N, pH 7.0
- ✓ Capacidad de intercambio catiónico (CIC): Saturación con acetato de amonio (CH<sub>3</sub> – COONH<sub>4</sub>)N, pH 7.0

- ✓  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{K}^{+}$  cambiabiles: reemplazamiento con acetato de amonio ( $\text{CH}_3 - \text{COONH}_4$ ) N; Ph 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.
- ✓  $\text{Al}^{+3} + \text{H}^{+}$ : método de Yuan. Extracción con KCl, N
- ✓ Iones solubles:  
 $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  solubles: volumetría de llama y/o absorción atómica.  
 $\text{Cl}$ ,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$  soluble: volumetría y colorimetría,  $\text{SO}_4$  turbidimetría con cloruro de bario.  
Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.  
Yeso soluble: Solubilización con agua y precipitación con acetona.

Figura 4

Dimensiones de las parcelas y calicatas instaladas



### **3.5. Análisis estadístico**

Se empleó el software Microsoft Excel para sistematizar los datos conseguidos en campo. Para verificar si los datos cumplieron con las presuposiciones del análisis de varianza (ANOVA) fue realizada la prueba de normalidad de los datos (Lilliefors); el procesamiento estadístico se ejecutó en el software R e Infostat. Se realizó el análisis de varianza (Anova) con la altura total promedio (m) de los árboles *Cinchona* sp., de cada parcela, esto con el fin de identificar diferencias entre los sitios en estudio, lo que permitió determinar calidades de sitio (Villena Velásquez, 2007; Villar *et al.*, 2018; Soto Sánchez, 2019).

En la presente investigación se evaluó la calidad de sitio tomando como índice de sitio la altura de los árboles (Gadow *et al.*, 2007). Se debe resaltar que Eichhorn (1904) observó la presencia de una relación independiente entre altura y edad del rodal en el estudio del crecimiento de abeto (*Abies* sp.) en bosque naturales del Parque Natural Selva Negra (Alemania). Luego, años más tarde se evidenció la misma relación, lo que dio inicio a la Ley de Eichhorn, que refleja la relación directa entre producción en volumen y altura del árbol (Moosmayer, 1957).

#### **3.5.1. Determinación de la influencia de los factores climáticos, edáficos y topográficos.**

Se efectuó el análisis de correlación (con el software R), regresión (con el software R y Sirvar) y multivariado (con el software Minitab17) entre la variable dependiente altura de árbol y las variables independientes: temperatura, precipitación, pH, arena, limo,

arcilla, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, aluminio, calcio y pendiente, que predicen mejor la forma de crecimiento de la *Cinchona* sp.

### 3.5.2. Modelo estadístico

Para determinar el grado de influencia de los factores edáficos, estimados como significativos sobre el crecimiento de los árboles, se empleó los modelos estadísticos de, regresión y correlación, empleando la fórmula siguiente (Huaripata Chilón, 2013):

$$Y = a + \sum_{j=1}^n b_j x_j$$

Dónde:

n : Número de observaciones

R<sup>2</sup> : SCR / SCT – Coeficiente de determinación

$$SCR = \sum_{j=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

$$SCT = \sum_{j=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2$$

### 3.5.3. Análisis multivariado de componentes principales

Se hizo el análisis multivariado de componentes principales de las variables en estudio, las que fueron obtenidas mediante el método de Biplot cuya técnica permitió una representación gráfica de los datos obtenidos en el estudio.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### RESULTADOS

##### 4.1. Ubicación de las parcelas

Se establecieron cuatro parcelas en el bosque montano La Palma (Figura 4). El área de estudio se encuentra siendo intervenida con fines de extensión agrícola y ganadera; concordando con Gerardo y Aymard (2019) que refiere que “en los últimos 350 años existe una enorme presión antrópica sobre los bosques andinos con presencia de *Cinchona*” (p. 239).

A nivel mundial existen 117 zonas de vida, el Perú cuenta con 84 de estas de las que Cajamarca se encuentran 18 (Villar *et al.*, 2018). El área de estudio forma parte de un bosque húmedo - Montano Bajo Tropical (bh-MBT).

Tabla 7

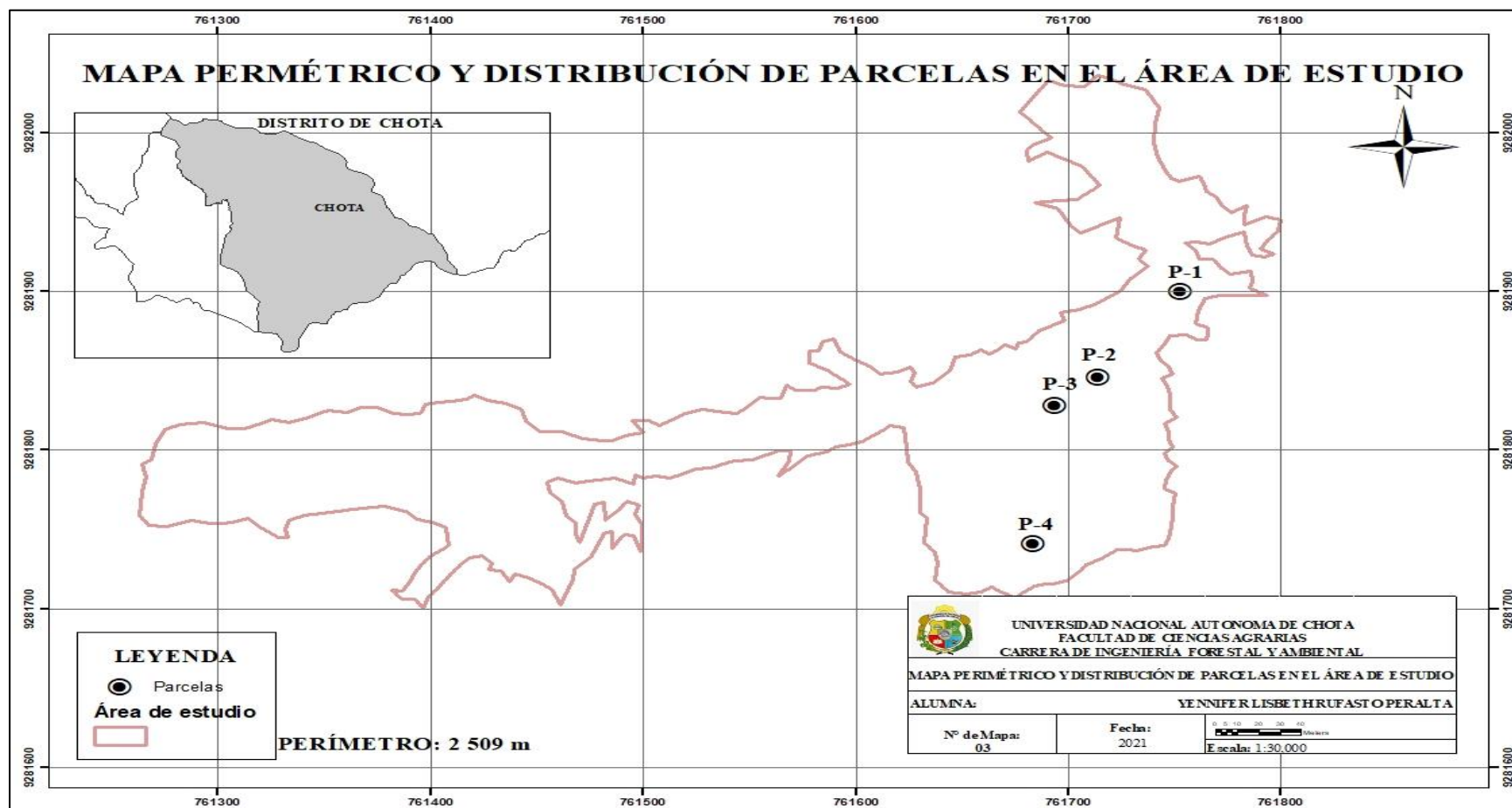
*Coordenadas de las parcelas instaladas en el área de estudio*

Parcelas	Coordenadas UTM		
	Este	Norte	Altitud (m s.n.m.)
P 01	761753	9281900	2846
P 02	761716	9281844	2838
P 03	761695	9281801	2829
P 04	761688	9281744	2806

Nota: Se debe mencionar que es esta zona es donde se encontraron los pocos individuos de *Cinchonas*, las mismas que ya vienen siendo talados.

Figura 5

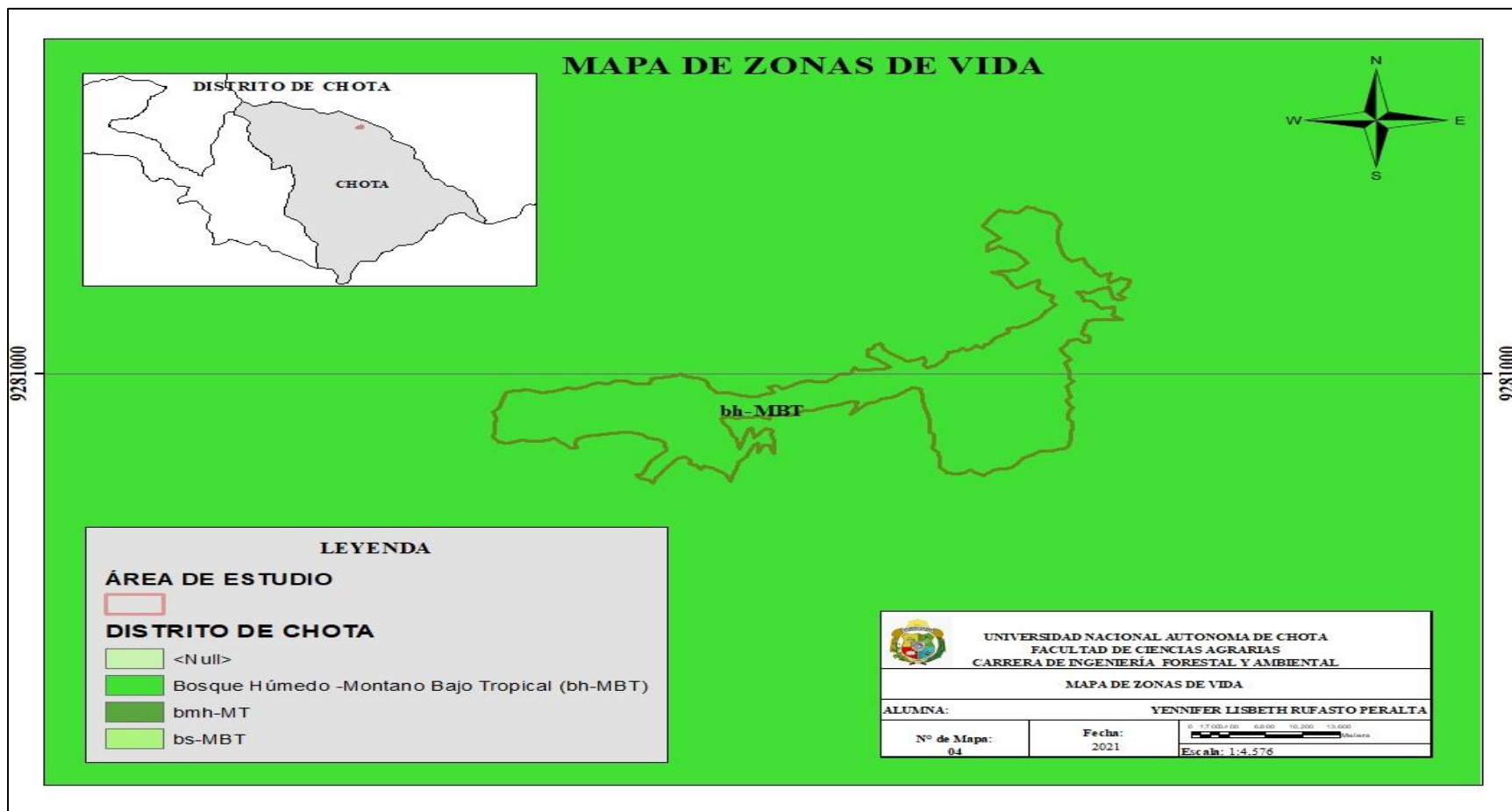
Mapa perimétrico y distribución de parcelas en el bosque montano La Palma



Nota: La Figura muestra el perímetro y la distribución de las parcelas instaladas en el área de estudio, contando con un perímetro de 2,509m y abarcando un área de 4,82 ha.

Figura 6

Mapa de zonas de vida del área de estudio



Nota: La Figura muestra que el sitio en estudio forma parte de la zona de vida bosque húmedo - Montano Bajo Tropical (bh-MBT).

## 4.2. Evaluación de los árboles de *Cinchona* sp.

Los datos vegetativos se obtuvieron al evaluar cada uno de los árboles de *Cinchona* sp.; presentes en cada parcela, de los que se lograron conseguir los siguientes datos: altura del árbol, circunferencia a la altura del pecho.

Como se observa en la tabla 8, existe un buen crecimiento en altura; la parcela tres registra la mayor altura de los árboles (24 m), la parcela uno presenta el individuo con menor altura (5 m). Con respecto al CAP se puede observar que existe un máximo de 85,6 cm y un mínimo de 14,1 cm. En cuanto a la altura se observó que es mucho mayor a los encontrados por Villar *et al.* (2018, p. 140) quienes reportan una altura máxima de 16,5 m. Según los datos obtenidos de la *Cinchona* sp., el lugar de estudio presenta buenas características para el desarrollo de la especie.

Tabla 8

Datos dasométricos de la *Cinchona* sp.

Parcela	Árbol	Altura total	Circunferencia a la altura del pecho (CAP) (cm)	Diámetro a la altura del pecho (DAP) (m)	Área basal (AB) (m <sup>2</sup> )	Volumen total (VT) (m <sup>3</sup> )
P 01	1	21,75	60	0,19	0,029	0,44
	2	17,5	42,2	0,13	0,014	0,17
	3	5	22	0,07	0,004	0,01
P 02	1	16	45,1	0,14	0,016	0,18
	2	10	18	0,06	0,003	0,02
	3	9	14,1	0,04	0,002	0,01
P 03	1	24	85,6	0,27	0,058	0,98
P 04	1	21	58	0,18	0,027	0,39
	2	9	35,5	0,11	0,010	0,06
	3	10,7	20,7	0,07	0,003	0,03
	4	10	29,9	0,10	0,007	0,05
	5	11	25	0,08	0,005	0,04



### 4.3. Descripción del suelo según su capacidad de uso mayor

Para la categorización de tierra por su Capacidad de Uso Mayor se empleó el D.S. N0 017 2009-AG, establecido con la finalidad de realizar un aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos naturales renovables (suelo), siendo de alcance nacional.

Una vez establecidas las calicatas en el lugar de estudio se observó presencia de horizonte O y A en las cuatro calicatas instaladas en la zona, visualizándose mayor cantidad radicular en el horizonte O, además se determinó la profundidad de cada horizonte obteniendo los siguientes datos.

*Tabla 9*

*Profundidad del horizonte O y A*

<b>Horizontes</b>	<b>Profundidad (cm)</b>			
	<b>P 01</b>	<b>P 02</b>	<b>P 03</b>	<b>P 04</b>
<b>O</b>	10	12	3	9
<b>A</b>	6	14.4	15	11

La tabla N 9 muestra la profundidad alcanzada del horizonte O y A en el área de estudio presentando mayor dimensión del horizonte O en la P 02 y menor en la P 03; la mayor dimensión observada en el horizonte A se presenta en la P 03 y menor en la P 01.

Los datos de pendiente obtenidos en las zonas con presencia de árboles de *Cinchona* sp., por parcela establecida se visualizan en la tabla 10.

Tabla 10

Datos topográficos de *Cinchona* sp.

Parcelas	N° Árbol	Pendiente	Media
<b>1</b>	1	0.50	0.48
	2	0.48	
	3	0.47	
<b>2</b>	1	0.31	0.38
	2	0.42	
	3	0.40	
<b>3</b>	1	0.24	0.24
<b>4</b>	1	0.47	0.48
	2	0.36	
	3	0.68	
	4	0.61	
	5	0.30	

Los datos de pendiente fueron obtenidos en cada parcela instalada. En la tabla 11 se describe la clasificación de uso mayor para las parcelas evaluadas.

Tabla 11

Clasificación de parámetros edáficos- CUM - D.S. N° 017-2009AG

Características edáficas	P 01	P 02	P 03	P 04
<b>Pendiente</b>	0.48%	0.38%	0.24%	0.48%
<b>Microrelieve</b>	Ondulado suave	Ondulado	Ondulado suave	Ondulado
<b>Profundidad</b>	Moderadamente profundos	Moderadamente profundos	Moderadamente profundos	Superficial
<b>Textura</b>	Moderadamente gruesa	Moderadamente gruesa	Moderadamente gruesa	Moderadamente gruesa
<b>Pedregosidad</b>	Ligeramente pedregoso	Ligeramente pedregoso	Ligeramente pedregoso	Ligeramente pedregoso
<b>Drenaje</b>	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
<b>Ph</b>	Extremadamente ácido	Extremadamente ácido	Extremadamente ácido	Extremadamente ácido
<b>Erosión</b>	Ligera	Muy ligera	Muy ligera	Ligera
<b>Salinidad</b>	Libre de sales	Libre de sales	Libre de sales	Libre de sales
<b>Inundación</b>	Sin riesgo	Sin riesgo	Sin riesgo	Sin riesgo

Para determinar la Capacidad de Uso Mayor (CUM) se consideró lo mencionado en la tabla 11, descrito los parámetros anteriores se procedió a realizar la clasificación de CUM por parcela establecida.

Tabla 12

*Capacidad de Uso Mayor para las parcelas instaladas en la zona de estudio*

<b>Suelo según su capacidad de uso mayor</b>	<b>P 01</b>	<b>P 02</b>	<b>P 03</b>	<b>P 04</b>
	F2sec	F2sc	F2sc	F2sc

**F2:** Calidad agrológica media, **s:** limitación por suelo, **e:** limitación por topografía – riesgo de erosión, **c:** limitación por clima.

Como se observa en la tabla 12, las parcelas dos, tres y cuatro se clasifican como tierras aptas para producción forestal, con algunas limitaciones en el suelo, la parcela uno además presenta algunas limitaciones por erosión. Según los datos obtenidos nos indica que el área de estudio presenta suelos con características apropiadas para la producción forestal.

Tabla 13

Resultados de análisis de laboratorio

Parcela	Horizonte	Profundidad	pH (1:1)	C.E (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes cambiables					Suma de cationes	Suma de bases	% Sat. de bases
									Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> +H <sup>+</sup>			
									%	%	%										
01	A	100	3.58	0.27	0.00	7.24	21.4	138	71	17	12	Fr.A.	19.68	0.77	0.28	0.25	0.13	9.95	11.38	1.43	7
02	A	65	3.62	0.20	0.00	5.17	13.1	111	65	17	18	Fr.A.	21.76	0.74	0.23	0.21	0.12	12.30	13.61	1.31	6
03	A	57	3.70	0.21	0.00	9.59	16.3	114	61	21	18	Fr.A.	20.80	1.92	0.52	0.22	0.13	10.55	13.34	2.79	13
04	A	50	3.58	0.25	0.00	19.31	24.0	111	63	21	18	Fr.A.	24.32	1.66	0.47	0.23	0.17	9.00	11.52	2.52	10

Fuente: UNALM (2021)

Los resultados del análisis de laboratorio de las muestras de suelo de las calicatas instalada por parcela en el lugar de estudio (tabla 13), fueron empleados para el análisis estadístico.

Se encontró que, todas las parcelas presentan un pH fuertemente ácido, cuyas características son requeridas por la especie para su crecimiento y desarrollo; tal como indica Zevallos Pollito (1989) quién describió que, el género *Cinchona* requiere suelos ácidos a neutros. Coincidiendo además con Villar *et al.* (2018) quienes evaluaron la calidad de sitio para la *C. officinalis*, registrando que requiere suelos con pH ligero a fuertemente ácido.

Las parcelas presentan un alto contenido de materia orgánica (MO), presentando mayor cantidad en la P04 (19,31 %) y una menor cantidad en la P02 (5.17 %), coincidiendo con los resultados conseguidos por Villar *et al.* (2018) en los que refiere que la *C. officinalis* requiere suelos con alta a media cantidad de MO. Es sabido que la MO tiene un papel primordial en la fertilidad de los suelos, como fuente de energía para microorganismos y fuente de nutrientes de las plantas (Sales Dávila,2006); además es considerada como un indicador muy importante en la calidad del suelo (Ríos *et al.*, 2016).

El nivel de fósforo (P) en las parcelas de estudio se encuentra en concentración media a alto, mostrando mayor cantidad en la P04 (24 ppm) y una menor proporción en la P02 (13,1 ppm); estos niveles son superiores a los mencionados por Villar *et al.* (2018) quienes obtuvieron un máximo de 12,40 ppm y un mínimo de 1,90 ppm, quienes deducen que esta especie requiere suelos con baja cantidad de P. Por su parte, Guecaimburu *et al.* (2019) mencionan que el P es considerado fundamental para el desarrollo y crecimiento de las plantas, asimismo, Soto Sánchez (2019) describe que la cantidad de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble

varía de 10 a 200 ppm en los suelos forestales, desempeñando funciones esenciales en la transformación y almacenamiento de información genética, fotosíntesis además inhibe a la formación inicial y desarrollo radicular.

El potasio (K) presente en el suelo se encuentra en concentraciones medias, existiendo mayor cantidad en la P01 (138 ppm) y menor cantidad en la P02 (111 ppm) y cuatro (111 ppm); por su parte Villar *et al.* (2018) demostró que la *C. officinalis* demanda suelos con contenidos medios de K. Cavijo *et al.* (2001) sugiere que el K asimilado por las plantas contribuye al potencial osmótico de las células y tejidos, además facilita el alargamiento celular, reacciones enzimáticas, e interviene en el proceso de la fotosíntesis; Huaripata Chilón (2013) indica que la cantidad de K que satisface las especies forestales es de 150 ppm.

Referente a la textura del suelo, se observa que son suelos franco arenoso (Fr.A) coincidiendo con Villar *et al.* (2018); además Zevallos Pollito (1989) refiere que requiere suelos muy profundos a profundidad media, de una textura pesada a media y arcillosos.

Respecto a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) se observa una mayor concentración en la P04 (24,32 meq/100g), la P02 (21,76 meq/100g), seguido de la P03 (20,80 meq/ 100g) y finalmente la P01 que presenta menor capacidad de intercambio catiónico con (19,68 meq/100g). Otero *et al.* (1998) refiere que la CIC obedece a la presencia de materia orgánica y arcilla.

La suma de cationes cambiables ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{Al}^{+3}$  +  $\text{H}^{+}$ ) la P02 presenta mayor cantidad (13,61), seguido por la P03 (13,34), P04 (11,52) y finalmente la P01 que presenta una menor cantidad (11,38), conociendo que la capacidad de cationes

intercambiables en el suelo es baja en relación a la cantidad que son absorbidas por las arcillas (Soto Sánchez, 2019).

Daniel et al. (1982) menciona que el N es el elemento más importante debido a que las plantas lo demandan en cantidades grandes; la cantidad en el suelo va a variar en función al clima, localidad y tipo de suelos. En el estudio se encontraron mayores contenidos de nitrógeno en la P04 y P01 (0,79 % y 0,68 %) respectivamente y los niveles más bajos se observa en la P02 (0,60 %) y P03 (0,48 %); Huaripata Chilón (2013) afirma que el 0,2% de nitrógeno, es la cantidad adecuada para que las especies forestales tengan un buen desarrollo. Mientras que Fassbender (1975) refiere que el contenido de nitrógeno en áreas con clima tropical puede variar entre 0,02%, 0,4% y en suelos ricos en MO puede llegar hasta 2 %.

#### **4.5. Determinación de la calidad de sitio**

El crecimiento de la *Cinchona* sp., en las parcelas establecidas en el bosque montano La Palma, se atribuye a las propiedades químicas y físicas del suelo, así como la temperatura y precipitación que ejercen influencia en el crecimiento de los bosques (Montero Mata, 1999).

Para determinar la calidad de sitio se empleó la altura total de los árboles de *Cinchona* sp., utilizando el análisis de varianza (ANOVA); siendo la altura del árbol un indicador de calidad de sitio (Ortega y Montero, 1991).

Los resultados del ANOVA para la altura total de los árboles de las parcelas establecidas (Tabla 13), presentando un valor de significancia (p valor = 0.3501) mayor a 0.05, con lo que se puede inferir que las alturas totales de los árboles de las cuatro parcelas

instaladas no son estadísticamente diferentes; con un coeficiente de variación de 42,76%. De acuerdo a estos resultados, indicarían que no existe diferencia entre los índices de sitio (altura del árbol) evaluados en las parcelas; por lo tanto, se asume que no hay influencia significativa de los factores edafoclimáticos y topográficos sobre la calidad de sitio de la *Cinchona* sp en el área de estudio, pudiendo existir calidades de sitio si se genera más variables o al comparar otras zonas de estudio.

*Tabla 14*

ANOVA

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	131,02	3	43,67	1.26	0,3501
<b>Trat</b>	131,02	3	43,67	1.26	0,3501
<b>Error</b>	276,40	8	34,55		
<b>Total</b>	407,43	11			

CV= 42,76

#### 4.6. Caracterización de la calidad de sitio

Para interpretar el nivel de significancia de las correlaciones obtenidas del procesamiento de datos se basó en (Ferre Jaén, 2019, p.7), se debe entender que la visión analítica de la calidad del sitio es en esencia explicativa y se asume que los indicadores biofísicos contenida en los modelos estadísticos correlacionados, reflejan las relaciones causales entre los factores ambientales subyacentes y el crecimiento de la altura máxima (Bontemps y Bouriaud, 2014).

En ese sentido, en los resultados de la correlación entre variables independientes y la altura de los árboles de *Cinchona* sp. (Figura 6), se observa que el pH (0.41), temperatura máxima (0.45), temperatura mínima (0.41), temperatura media (0.44), iluminación (0.41), orientación de la pendiente (0.45) muestra una asociación media con

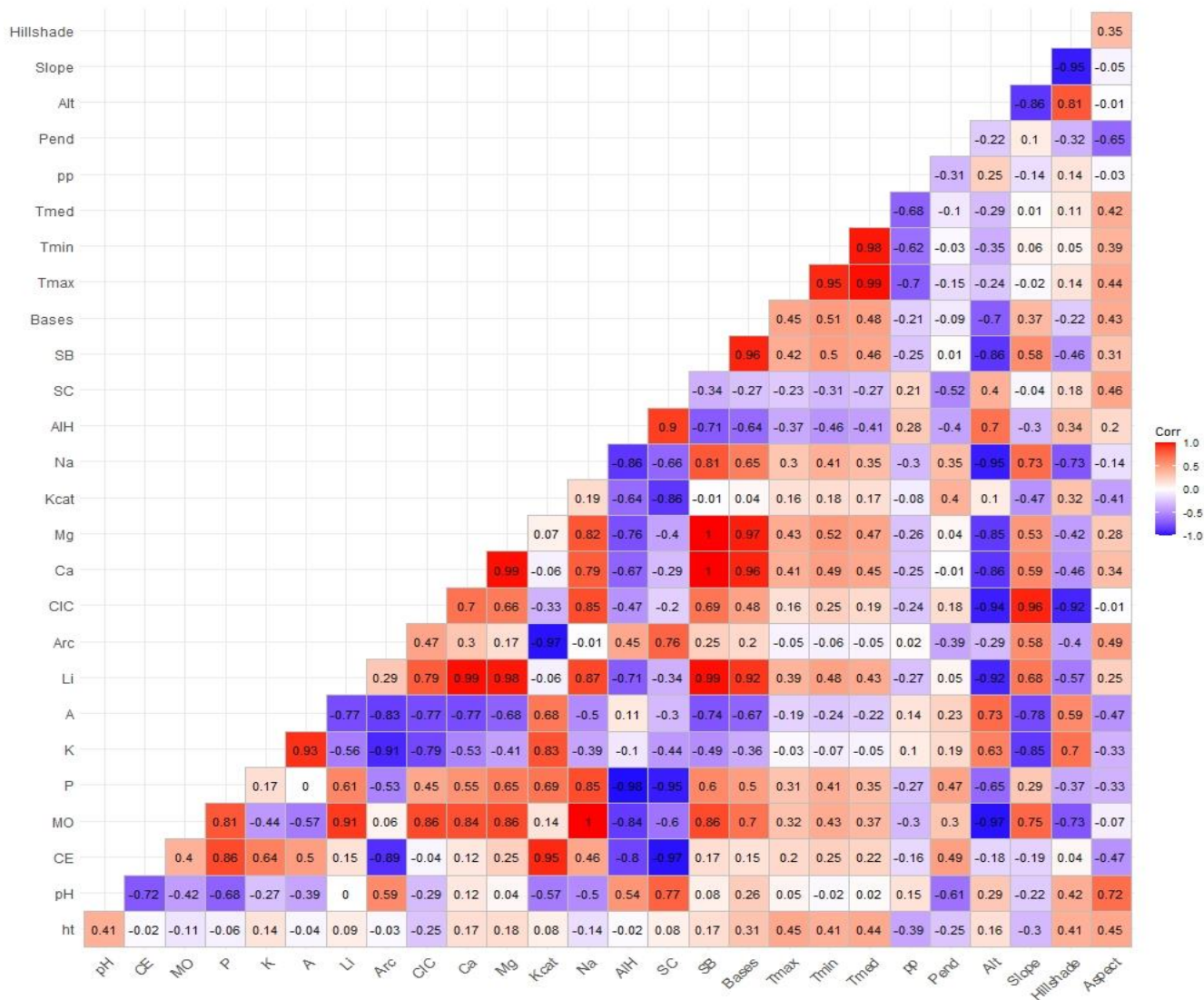


la altura de los árboles; de estas variables solo la temperatura máxima, temperatura media y orientación de la pendiente son significativos. Concordando con Farr y Harris (1979) quienes determinaron que la temperatura y la productividad se encuentran altamente correlacionadas. Por su parte Villar *et al.* (2018) encontró que la materia orgánica (0.39) y el aluminio (0.42) presentaron mayor correlación con la altura de los árboles, infiriendo que, a mayor presencia de estos, la altura es mayor.

En la correlación entre variables independientes se observa que la variable Na y MO (1), SB y Ca (1), SB y Mg (1), Temd y Tmáx (0.99), SB y Li (0.99), Mg y Ca (0.99), Ca y Li (0.99), Tmed y Tmín (0.98), Mg y Li (0.98), bases y Mg (0.97), pendiente y CIC (0.96), Bases y Ca (0.96), Mg y Li (0.96), presentan una relación muy alta entre estas.

Figura 7

Correlación entre variables independientes y dependientes



Nota: A mayor intensidad de color ya sea azul o rojo indica un grado de correlación alto, mientras el color sea más tenue significa una correlación más baja (Hernández y Usuga, 2021).

#### 4.6.1. Calidad de sitio y su relación con las variables climáticas

Se debe mencionar que la temperatura se encuentra correlacionado con la productividad de un sitio (Farrelly *et al.*, 2009), sea según la distribución espacial de las especies de vegetación natural (Lozada y Sentelhes, 2008). La temperatura es uno de los parámetros que ejerce influencia sobre procesos fisiológicos del crecimiento y desarrollo de las plantas (Barrera y Lozada, 2007), siendo este un indicador de la disponibilidad de nutrientes, y al aumentar, se incrementa la absorción activa de los elementos (Cavijo *et al.*, 2001).

La temperatura influye acelerando el desarrollo vegetal; cada especie requiere una temperatura óptima, mínima y máxima para su sobrevivencia y su desarrollo normal, si esta no cuenta con sus límites demandados el crecimiento se ve afectado (Chaves y Gutiérrez, 2017), debiéndose considerar que un aumento de temperatura estimula el crecimiento de la planta; a temperaturas bajas resultan plantas pequeñas (Mengel y Kirkby, 2000). Según Zevallos Pollito (1989); Villar *et al.* (2018) menciona que la temperatura promedio requerida por el género *Cinchona* de 6.5 °C a 24.9 °C. Sin embargo, el análisis de correlación como se observa en la figura 7 las variables climáticas T.máx (0.45), T.mín (0.41), T.med (0.44) presentaron una relación lineal media lo que indicaría que no existe influencia sobre la calidad de sitio para la zona de estudio. Esto es corroborado por Peng *et al.* (2008) quienes encontraron que el crecimiento de los árboles se encuentra limitado por la temperatura a lo largo de toda la pendiente.

#### 4.6.2. Calidad de sitio y su relación con las variables edáficas y topográficas

El requerimiento de nutrientes depende de cada especie de árbol, la época del año y el estado de desarrollo (Daniel *et al.*, 1982). La MO es de gran importancia en el suelo debido a que contiene varios elementos como N, P y K, atrayendo diez veces más nutrientes que los minerales de arcilla (FAO, 1991).

La MO tiende a incrementar la CIC en los suelos, disminuyendo de esta manera la pérdida de elementos nutritivos para las plantas (Medina *et al.*, 2017); en suelos con presencia de sales la MO contrarresta los efectos nocivos del Na<sup>+</sup> (Quintanilla Rosas, 2019), disminuyendo el efecto de estrés a las plantas provocada por las sales (Esteban *et al.*, 2017). Siendo uno de los elementos que se encuentra asociado en menor proporción a la MO el Mg (Mengel y Kirkby, 2000).

La cantidad de Mg en los suelos por lo general es adecuada (Daniel *et al.*, 1982, p. 211); mientras que el Mg intercambiable considerablemente menor que el Ca y es absorbido por las plantas en menor cantidad que el Ca (Mengel y Kirkby, 2000), siendo las latifoliadas las que absorben mayor cantidad de calcio que las coníferas, debido a que su requerimiento es más elevado de este elemento (Daniel *et al.*, 1982, p. 209).

Uno de los problemas presentes en los suelos ácidos es la toxicidad por aluminio, el que varía de manera amplia dependiendo de la especie de planta; sin embargo, también puede estar presente en otras formas no fitotóxicas (Carreño y Chaparro, 2013), como Al<sup>3+</sup> en suelos con pH menor a 4,7 (Rivera *et al.*, 2016). La distribución de las bases cambiables como el Al depende en gran medida del pH, mientras mayor sea la acidez del suelo, mayor será la participación de este elemento, decreciendo con el aumento del pH;

el Ca, Mg, K, Na presenta mayor participación a valores altos de pH; la acidificación en las áreas tropicales húmedas se origina debido al remplazo de las BC (Ca, Mg, K, Na) por iones de H y Al generado por la percolación del agua, asimilación de cationes por las plantas (Fassbender, 1975). Siendo uno de los efectos generados por Al, la limitación en crecimiento de raíces en las plantas (Mengel y Kirkby, 2000).

Por otro lado, la disponibilidad de bases de intercambio como Na, Ca, K, Mg que disminuyen la acides del suelo, son reportadas como importantes en la fertilidad y a su vez permiten la disponibilidad de algunos nutrientes para las plantas (Hirzel *et al.*, 2016). Mencionar que el Al no causa alguna perturbación en el crecimiento y desarrollo de la *C. officinalis* como lo menciona Villar *et al.* (2018, p. 149) quienes encontraron una correlación alta (0,42) entre el Al y la altura de árbol.

Agbeshie y Abugre (2021) la pendiente es un factor abiótico que tiende a influir en cambios de las propiedades fisicoquímicas del suelo mediante la distribución de la humedad, el aire, la luz, provocando una intervención en las propiedades del suelo. El aspecto de la posición de la pendiente tiende a influir en las propiedades físicas del suelo, debido a que el desarrollo de los perfiles refleja las diferencias micro climáticas asociadas a cada cambio; aquellos suelos que presentan pendientes más pronunciadas son más susceptibles al proceso de erosión, provocando una formación más lenta del perfil (Daniel *et al.*, 1982, p.184). La influencia que ejerce sobre una especie la orientación o exposición de un sitio refiere al contenido de humedad y temperatura requeridas (Pemán y Navarro, 1998). Sin embargo, para el estudio se observa que la pendiente no presenta una influencia sobre la altura de los árboles; del mismo modo, Agbeshie y Abugre (2021) encontraron que la altura de 168 árboles evaluados de las familias Annonaceae, Apocynaceae,

Combretaceae, Araliaceae, Hypericáceas Fabaceae, Moraceae, no variaron a lo largo de las distintas posiciones de la pendiente. Con respecto a la luminosidad en el presente estudio no se encontró efectos sobre la calidad de sitio, resultado similar encontrados por Getzin y Wiegand (2007) quienes al evaluar individuos de la especies *Fraxinus excelsior* L., *Carpinus betulus* L., *Prunus avium* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Sorbus torminalis* (L.) Crantz., *Cornus mas* L., *Acer campestre* L., *Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* (Mirb.) Franco y *Picea abies* (L.) Karst., en cuatro rodales, determinaron que los árboles no se agruparon en dirección hacia la radiación solar entrante en los ecosistemas evaluados.

Al realizar las regresiones entre la altura de los árboles de *Cinchona* sp., con las variables edafoclimáticas y topográficas, se observó que no existe modelos que explique la calidad de sitio tomando como índice de sitio la altura de árbol. Observando que, el coeficientes estadístico *t* no es significativo para todas las variables propuestas en el ajuste de los modelos de regresión lineal simple, múltiple, cuadrática y cúbica (Tabla 15).

Aun así, el modelo con todas las variables utilizadas tiene un error residual que va desde 5,53 hasta 6,74 y un  $R^2 = 0,16$  a  $R^2 = 0,66$ , y si observamos los valores ajustados de igual manera son muy bajos variando desde  $R^2_a = -0,22$  a  $R^2_a = 0,66$ .

Por otro lado, que el estadístico p-value (*t*) son elevados, va desde 0,14 a 0.67, siendo estos valores superiores a  $p < 0,05$  esto quiere decir que nuestros modelos de regresión son no significativos para explicar la calidad de sitio tomando como índice de sitio la altura del árbol.

Tabla 15

Modelos estimados de regresión

Modelos de regresión estimados	RSE	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>a</sub>	F	p-value /t/
<b>Modelo lineal simple</b>					
HT= - 114.1+5.013(Tmáx)	5,71	0,19	0,11	2,48	0,15
HT= - 104.2+6.059(Tmed)	5,74	0,19	0,11	2,38	0,15
HT = - 63.57 + 0.4384(Apend)	5,71	0,2	0,12	2,51	0,14
HT = -231.5 + 68.12(pH)	5,84	0,16	0,8	1,96	0,19
<b>Modelo de regresión lineal múltiple</b>					
HT = 1709.80 - 214.98(pH) - 26(CIC) + 3.99(Bases) + 8.11(Tmax) - 0.016(pp) - 14.76(Slope) -14.76(Hillshade) + 5.33(Aspect)	6,74	0,66	-0,22	0,74	0,67
HT = -297 + 74.83(pH) + 3.09(Tmed) - 0.021(pp)	5,54	0,39	0,16	1,76	0,23
HT = -675 + 180(pH) - 4(SC) - 0.98(Bases) + 177(Tmin) + 4.04(Tmed)	6,18	0,43	-0,03	0,96	0,52
HT = -306.24 + 58.27(pH) + 5.99(Tmed) - 0.42(Slope)	5,53	0,39	0,17	1,76	0,23
<b>Modelo regresión lineal múltiple cuadrática</b>					
HT= 4642 - 366.9 Tmáx +7.266 Tmax <sup>2</sup>	5,61	0,30	0,15	1,97	0,20
HT= 3850 - 400.0 T med + 10.42 Tmed <sup>2</sup>	5,64	0,29	0,14	1,92	0,20
HT = 1030 - 11.88 Apend + 0.03467 Apend <sup>2</sup>	5,63	0,30	0,14	1,93	0,20
HT = 21062 - 11655 pH + 1613 pH <sup>2</sup>	5,65	0,29	0,13	1,88	0,21
<b>Modelo regresión lineal múltiple cúbica</b>					
HT= 120540 - 13958 Tmax + 538.4 Tmax <sup>2</sup> - 6.92 Tmax <sup>3</sup>	5,83	0,33	0,8	1,33	0,33
HT = 68645 - 10385 Tmed +523 Tmed <sup>2</sup> - 8.77 Tmed <sup>3</sup>	5,92	0,31	0,5	1,21	0,37
HT = - 4236 +77 Apend - 0.462 Apend <sup>2</sup> +0.00093 Apend <sup>3</sup>	5,97	0,30	0,3	1,15	0,39

Ar: arcilla (%), A: arena (%), K: potasio, Mg<sup>+2</sup>: magnesio intercambiable, K<sup>+</sup>: potasio intercambiable, RSE: error típico residual, Tmáx: Temperatura máxima, T med: Temperatura media, Apend: pendiente, pH: Potencial hidrógeno, pp: Precipitación, Slope: Pendiente en grados, Hillshade: Ángulo de iluminación, SC: suma de cationes, Bases: Bases, Tmin: Temperatura mínima.

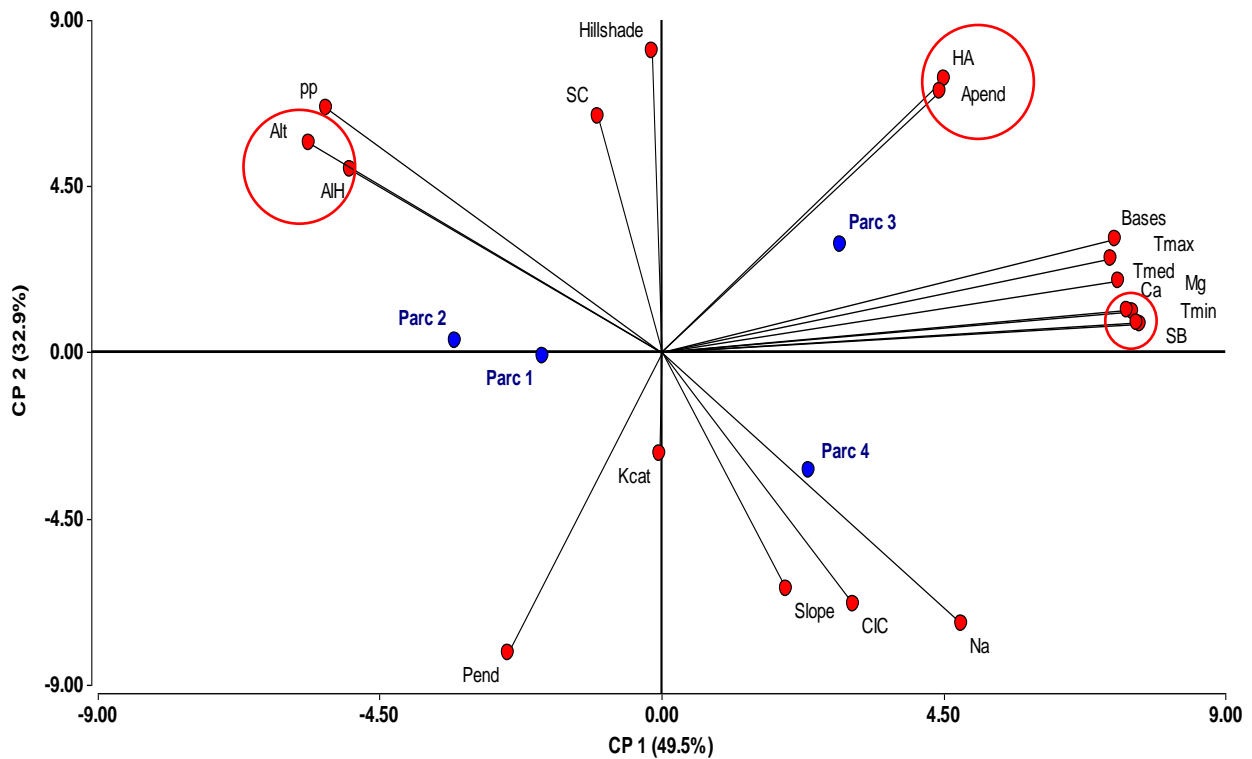
#### 4.7. Componentes principales

Como se puede visualizar en la Figura 7, la distribución de variables sobre los componentes principales (CP1 y CP2) explican el 82,4 % de la variabilidad de los datos obtenidos; el CP1 con una varianza de (49,5 %), que agrupa o relaciona a los factores SB, Mg, Na, Pend, AlH, Alt. El CP2 se encuentra relacionado positivamente con Hillshade, HA, Slope, Kcat presentando una variación de (32,9%). Debe indicarse también, que a menor ángulo entre las líneas que representan una variable, estas reflejan una relación

muy estrecha, tal es el caso de Alt – AIH (Parc 2), HA – Apend, SB -Tmin, Ca – Mg (Parc 3).

Figura 8

Gráfico de Biplot de los datos obtenidos en la investigación



#### 4.8. Características de la calidad de sitio de *Cinchona* sp.

La calidad de sitio de *Cinchona* sp. en el bosque montano La Palma, presenta suelos superficial a moderadamente profundos, de textura franco arenoso (Fr.A), con pH fuertemente ácido, con contenido de materia orgánica que van de 5,17 % a 19,31 %, presencia de fósforo entre 13,1 ppm a 24 ppm, potasio de 111 ppm a 138 ppm, con CIC de 19,68 meq/100g a 24,32 meq/100g y nitrógeno que varía de 0,48 % hasta 0,79 %. con pendientes que varían de pendiente de 24 a 68 %, entre rangos altitudinales de 2806 a 2846 msnm; este género se desarrolla a una temperatura máxima de 26,5 0C y mínima de 12,8 0C, con precipitaciones de 613 mm a 908,7 mm al año.



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

El análisis de varianza ANOVA determinó que no existe diferencia de calidades de sitio tomando como índice de sitio la altura del árbol evaluados en las parcelas; por lo tanto, se asume que no existe influencia significativa de los factores edafoclimáticos y topográficos sobre la calidad de sitio de la *Cinchona* sp., existiendo una sola calidad de sitio para el área de estudio, pudiendo existir calidades de sitio si se genera más variables o al comparar otras zonas de estudio.

La condiciones edafoclimática y topográficas en que se desarrolla *Cinchona* sp. son: textura franco arenoso (Fr.A), con pH fuertemente ácido, con contenido de materia orgánica que van de 5,17 % a 19,31 %, presencia de fósforo entre 13,1 ppm a 24 ppm, potasio de 111 ppm a 138 ppm, con CIC de 19,68 meq/100g a 24,32 meq/100g y nitrógeno que varía de 0,48 % hasta 0,79 %. con pendientes que varían de pendiente de 24 a 68 %, entre rangos altitudinales de 2806 a 2846 msnm; encontrando que *Cinchona* sp. se desarrolla en temperaturas máximas de 26,5 °C y una mínima de 12,8 °C, con precipitaciones de 613 mm a 908,7 mm al año.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios de calidad de sitio en especies nativas en parcelas permanentes (PP) en distintos bosques montanos de Cajamarca, e incorporar más variables edafoclimáticas y topográficas, con el fin de obtener una mejor percepción del comportamiento del crecimiento y desarrollo de las especies de estos ecosistemas.

Recurrir a los resultados obtenidos como base para elaborar e implementar programas de recuperación de la especie de *Cinchona* sp., en la provincia de Chota, debido a que su hábitat se encuentra siendo destruida por la población con fines de extensión agrícola y ganadera.

Ampliar metodologías para especies nativas sobre calidad de sitio cuyas variables sean fáciles de medir, contribuyendo a desarrollar mayor cantidad de investigaciones en bosques naturales.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agbeshie, A., y Abugre, S. (2021). Soil properties and tree growth performance along a slope of a reclaimed land in the rain forest agroecological zone of Ghana. *ScienceDirect*, 11-13.
- Álvares, A. (2013). El árbol de la calentura . *Instituto Nacional de Salud*, 214-215.
- Angulo, W y Reyes, P. (2015). *Calidad de sitio de cuatro especies forestales comerciales establecidas en suelo degradado en el ámbito del bosque Alexander von Humboldt*. Pucallpa: Instituto Nacional De Innovación Agraria.
- Asicona, P. (2013). *Evaluación de cuatro sustratos en semilleros de quina (Chinchona ledgeriana; Rubiaceae) en Escuintla* . Escuintla: [Tesis de grado Universidad Rafael Landívar]. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/17/Asicona-Pablo.pdf>
- Barrera, H y Lozada, B. (2007). *Modelo de estimación de las temperaturas promedios mensuales para los estados Táchira, Mérida y Trujillo en Venezuela*. Venezuela.
- Baridón , E., Marlats, R., Lafranco, J y Pellegrini, A. (2005). Productividad de *Populus deltoides* en Argiudoles y Hapludoles de la Pampa Húmeda. Relación con índices indirectos de sitio. *Redalyc*,12,43-53.
- BIOPAT. (2018). *Quina. Perú* Indecopi.  
<https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/2291514/BOLET%C3%8DN+N%C2%B0+11+-+CINCHONA+OFFICINALIS.pdf/c5beffb8-7c9d-b385-4789-6b7534acc6fa>

- Bonilla, J. A. (1971). *La influencia del suelo y el clima en el crecimiento de los árboles en las regiones templadas*. Uruguay: Facultad de Agronomía.
- Bontemps, J. D., & Bouriaud, O. (2014). Predictive approaches to forest site productivity: recent trends, challenges and future perspectives. *Forestry*, 87 (1), 109-128.
- Bontemps, J. D., Herve, J. C., Duplat, P., & Dhote, J. F. (2011). Shifts in the height-related competitiveness of tree species following recent climate warming and implications for tree community composition: the case of common beech and sessile oak as predominant broadleaved species in Europe. *Nordic Society Oikos*, 121, 1-13.
- Alexis M. Burga-Cieza, A., Burga-Cieza, J., Alcalde-Alfaro, V., Martínez-Sovero, G., Iglesias-Osores, S. & Villena-Velásquez, J.J. (2020). Caracterización florística del relicto Los Lanches del Bosque Montano Las Palmas – Chota, Perú. Scielo preprints. DOI: 10.1590/SciELOPreprints.1092. 20 p.
- Bravo, A., & Montero, G. (2005). Site index in relation to edaphic variables in stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in south west Spain. *For.Sci*, 62, 61-72.
- Carmean, W. (1975). Forest site quality evaluation in the United States. *ScienceDirect*, 27, 209-269
- Carreño, A y Chaparro, A. (2013). Tolerancia al aluminio en especies vegetales : mecanismos y genes. *Scielo*, 18 (3), 283-310.
- Cavijo, J., Lora, R., Malvolta, E., Zapata, R., Espinosa, J., Amézquita, E., . . . García, A. (2001). *Fertilidad de suelos diagnóstico y control*. (2 nd ed.). Bogotá: Guadalupe LTDA.

Chaves, N y Gutiérrez, M. (2017). Respuesta al estrés por calor en los cultivos . *Scielo*, 28 (1),237-253.

Cifuentes, C. (2013). *Estudio de la composición química del tónico amargo de la corteza de quina roja Cinchona pubescens*. Riobamba: [Tesis para obtener el título Escuela superior politécnica de Chimborazo].  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2472/1/56T00351.pdf>

Clutter, J. L., Fortson, J. C., Pienaar, L. V., Brister, G. H y Bailey, R. L. (1983). *Timber management: A quantitative approach*. New York.

Daniel , P., Helms, U y Baker, F. (1982). *Principios de silvicultura* . México: Mc graw hill.

Diéguez, U., Rojo, A., Castedo, F., Álvarez, J. G., Barrio, M., Crecente, F., . . . Sánchez, F. (2009). *Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia*. Lugo: Universidad De Gestión Forestal Sostenible.

Esteban, W., Pacheco, P., Angel, Y y Bastías, E. (2017). Efecto de la incorporación de materia orgánica en la respuesta fisiológica y química de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*L.) cultivadas en condiciones de salinidad y exeso de boro. *Scielo*, 35, 2-7. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292017000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292017000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

FAO. (1991). *Manejo de suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales*. Roma.

FAO. (2012). *Terminos y Definiciones*. Roma.

- Farr, W., & Harris, A. (1979). Site Index of Sitka Spruce Along the Pacific Coast Related to Latitude and Temperatures. *Forest science*, 25, 145-153.
- Farrelly, N., Fealy, R y Radford, T. (2009). the use of site factors and site classification methods for the assessment of site quality and forest productivity in Ireland. *Irish Forestry*, 66, 21-38.
- Fassbender, H. (1975). *Química de suelos*. Turrialba: IICA.
- Fernández, A. (2017). *Identificación y caracterización del género cinchona en la zona de amortiguamiento del área de conservación municipal bosque Huamantanga* . Jaén: [Tesis para obtener el título Universidad Nacional De Cajamarca]. [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1700/T016\\_47326949\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1700/T016_47326949_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ferre, M. (2019). *Modelo de regresión*. España: Universidad de Murcia.
- Gadow, K., Sánchez, S y Álvarez, J. (2007). *Estructura y crecimiento del bosque*. IUFRO World Series.
- Gerardo, A., & Aymard, C. (2019). Breve reseña de los aspectos taxonómicos y nomenclaturales actuales del género Cinchona (Rubiaceae -Cinchoneae). *Scielo*, 43, 234-241.
- Getzin, S. & Wiegand, K. (2007). Asymmetric tree growth at the stand level: Random crown patterns and the response to slope. *Forest Ecology and Management* 242:165–174. doi: 10.1016 / j.foreco.2007.01.009

- González, E., Barreno, H y Carrasco, Y. (2013). Evaluación de las clases de calidad de sitio de *Pinus caribaea* var . *caribaea* en la empresa forestal integral macurije (Pinar del río ,Cuba). *Ecosistemas*, 22 (3), 46-50.
- Guecaimburu, J., Vázquez, J., Tancredi, F., Reposo, G., Rojo, V., Martínez, M y Introcaso, R. (2019). Evolución del fósforo disponible a distintos niveles de compactación por tráfico agrícola en un argiudol típico. *Scielo*, 35(1), 81-89.
- Herrera, B y Alvarado, A. (Enero de 1998). *Calidad de sitio y factores ambientales en bosques de Centro América*. Obtenido de researchgate.net: [https://www.researchgate.net/publication/308202459\\_Calidad\\_de\\_sitio\\_y\\_factores\\_ambientales\\_en\\_bosques\\_de\\_Centro\\_America](https://www.researchgate.net/publication/308202459_Calidad_de_sitio_y_factores_ambientales_en_bosques_de_Centro_America)
- Hernández , F., & Usuga, O. (2021). *Manual de R*. <https://fhernanb.github.io/Manual-de-R/>.
- Hirzel, J., Toloza , S y Novoa, F. (2016). Evolución a corto plazo de las propiedades químicas en dos suelos de la zona centro sur de Chile fertilizados con diferentes fuentes de calcio. *Scielo*, 32, 217-227.
- Huamán, L., Albán, J. y Chilquillo, E. (2019). Aspectos taxonómicos y avances en el conocimiento del estado actual de árbol de la quina (*Cinchona officinalis* L.) en el norte del Perú. *Ecología aplicada*, 18 (2), 146-153.
- Huaripata, D. (2013). *Estudio de la calidad de sitio para Pinus radiata D.Don. en las plantaciones de granja Porcón Cajamarca*. Cajamarca: [Tesis para obtener el título Universidad Nacional De Cajamarca].

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/416/T%20K10%20H874%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Iturre, M y Araujo, P. (2006). *Crecimiento y producción del rodal regular*. Universidad Nacional de Santiago del Estero. <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-23-Crecimiento-produccion-ARAUJO.pdf>

King, D. A. (1990). The adaptive significance of tree height. *The American Naturalist*, 135, 809-828.

Levican, R. (2005). *Evaluación económica de esquemas de manejo intensivos en Pinus radiata D. Don en dos calidades de sitio en la VIII Región*. Valdivia: [Tesis para obtener el título Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fifl664e/doc/fifl664e.pdf>

Lima, N. (2016). *Proceso biotecnológicos para la propagación in vitro de Cinchona officinalis L., a partir de diferentes fuentes de material vegetal*. Loja: [Tesis para obtener el título Universidad Nacional de Loja]. <https://docplayer.es/91264668-Universidad-nacional-de-loja.html>

López, J. L. (2013). *Identificación de zonas aptas para la recuperación del bosque de alta montaña del estado de México*. Toluca: [Tesis de maestría Universidad Autónoma Del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/64353/MCARN%20JOSE%20LUIS%20LOPEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



- Lozada, B y Sentelhes, P. (2008). Modelos de estimación de las temperaturas promedio de la mínima, máxima y media diaria para la región andina de Venezuela. *SciELO*, 58, 141-153.
- Marques, C. (1991). Evaluating site quality of even aged maritime pine stands in northern Portugal using direct and indirect methods. *Forest Ecology and Management* , 41, 193-204.
- Medina, J., Volke, V., Galvis, A., Cortés, J y Cruz, S. (2017). Incremento de la materia orgánica del suelo y rendimiento de mango en Luvisoles Campeche México. *Agrom. Mesoam*, 28 (2) 499-508.
- Mendoza , R y Espinoza, A. (2017). *Guía Técnica para Muestreo de Suelos*. (1ra ed). Managua.
- Mengel, K y Kirkby, E. (2000). *Principios de nutrición vegetal*. (4ta ed). Suiza: EEA INTA.
- MINAM. (2014). *Guía para muestreo de suelos*. Lima. [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO\\_MINAM1.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf)
- Montero, M. (1999). *Factores de sitio que influyen en el crecimiento de Tectona grandis L.F y Bombacopsis quinata (Jacq) Dugand en Costa Rica*. Valdivia: [Tesis para obtener el grado de magister Universidad Austral de Chile]. <http://www.sidalc.net/repdoc/a0264e/a0264e.pdf>
- Mora, F., Muñoz, R., Meza, V y Fonseca, W. (2015). Factores edáficos que influyen en el crecimiento de *Vochysia guatemalensis* en la región Huetar Norte de Costa Rica. *redalyc*, 39, 71-89.

- Moreno-Fernández, D., Álvarez-González, J.G., Rodríguez-Soalleiro, R., Pasalodos-Tato, M., Cañellas, I., Montes, F., Díaz-Varela, E., Sánchez-González, M., Crecente-Campo, F., Álvarez-Álvarez, P., 2018. National-scale assessment of forest site productivity in Spain. *For. Ecol. Manag.* 417, 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.016>.
- Moosmayer, H. (1957). *Zur ertragskundlichen Auswertung der Standortsgliederung im Ostteil der schwäbischen Alb. Mitt. d. Vereins f. forstl. Standortskunde, Forstpflanzenzüchtung.*
- Mostacedo, B y Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal.* Santa Cruz: El País.
- Navarro, C y Martínez, H. (1989). *El Pochote Bombacopsis quinatum en Costa Rica guía silvicultural para el establecimiento en plantaciones.* Turrialba: CATIE.
- Noordermeer, L., Gobakken, T., Naesset, E., & Bollandsas, O. (2020). Predicting and mapping site index in operational forest inventories using bitemporal airborne laser scanner data. *Forest Ecology and Management*, 457, 2-10.
- Ortega, H. (1986). *Factores edaficos y topográficas que determinan la calidad de sitio en plantaciones juvenes de Pinus caribaea var. hondurensis en pavones Turrialba, Costa Rica.* Turrialba: [Tesis para obtener el grado de magister Universidad De Costa Rica].[http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/5125/Factores\\_edaficos\\_y\\_topograficos](http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/5125/Factores_edaficos_y_topograficos).

- Otero, L., Ortega, F y Morales, M. (1998). Participación de la arcilla y materia orgánica en la capacidad de intercambio cationico de vertisoles de la provincia Granma. *Redalyc*,16, 189-194.
- Padilla, T. S. (2017). *Estudio fenológico y análisis de las características del suelo donde se desarrolla Cinchona officinalis L. en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja*. Loja: [ Tesis de título Universidad Nacional De Loja].  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19604/1/TRUMAN%20STALIN%20PADILLA%20ROSALES..pdf>
- Paniagua, N., Bussmann, R y Romero, C. (2020). *Cinchona officinalis L. Cinchona pubescens Vahl Rubiaceae. Ethnobotany of the Andes*, 553-558.
- Peng, J., Gou, X., Chen, F., Li, J., Liud, P. & Zhanga, Y. (2008). Altitudinal variability of climate–tree growth relationships along a consistent slope of Anyemaqen Mountains, northeastern Tibetan Plateau. *Dendrochronologia*, 26(2):87-96.  
<https://doi.org/10.1016/j.dendro.2007.10.003>
- Pemán, J y Navarro, R. (1998). *Replantaciones forestales*. Córdoba: Universitat de Lleida.  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=CsQd7c8Xsv4C&oi=fnd&pg=PA5&dq=Pem%C3%A1n,+J+y+Navarro,+R.+\(1998\).+Replantaciones+forestales.+&ots=Eg2ME7scoV&sig=-hZoXCiky7J4bnGwtWK4\\_9lsGSs#v=onepage&q=Pem%C3%A1n%20J%20y%20Navarro%20R.%20\(1998\).%20Replantaciones%20forestales.&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=CsQd7c8Xsv4C&oi=fnd&pg=PA5&dq=Pem%C3%A1n,+J+y+Navarro,+R.+(1998).+Replantaciones+forestales.+&ots=Eg2ME7scoV&sig=-hZoXCiky7J4bnGwtWK4_9lsGSs#v=onepage&q=Pem%C3%A1n%20J%20y%20Navarro%20R.%20(1998).%20Replantaciones%20forestales.&f=false)
- Pereira, C. A., Maycotte, C. C., Restrepo, B. E., Mauro, F., Calle, A., Esther, M. J y Marín, G. L. (2011). *Edafología* .(1ra ed). Caldas: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A.

- Pino, D., y Taylor, C. (2006). Rubiaceae endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 586s-599s.
- Primo Salazar, A. (2015). *Variabilidad de la temperatura y de la precipitación, en la ciudad de Toluca, estado de México*. Toluca .
- Quintanilla, J. (2019). *Aplicación de residuos de la industria azucarera para la remediación de un suelo salino sódico de Costa Central*. Lima: [Tesis de título Universidad Agraria La Molina].  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3853/quintanilla-rosas-jose-emanuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez, R. (1997). *Propiedades Físicas Químicas Y Biológicas De Los Suelos*. Santafé de Bogotá: Produmedios.
- Ríos, M., Ruíz, M., Carrero, J y Tovar, M. (2016). Fraccionamiento químico de la materia orgánica en suelos de bosque y sabana. *Redalyc*, 16, 14-21.
- Rivera, Y., Moreno, L., Herrera, M y Romero, H. (2016). La toxicidad por aluminio (Al<sup>+3</sup>) como limitante del crecimiento y la productividad agrícola: el caso de la planta de aceite. *Palmas*, 37 (1), 11-23.
- Salas, J. G. (2006). *Caracterización edáfica de los suelos en la parte media de la microcuenca pendencia*. Tingo María: [Tesis de título Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/455/T.CSA-9.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Salasar , J. G., Santiago, O., Sánchez, V., Monroy, C y Couttolenc, E. (2012). Modelo para determinar calidad de sitio a edades tempranas de cuatro especies tropicales . *SciELO*, 3, 71-80.
- Sales, B. (2006). *Caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú departamento de Ucayali e influencia de su uso y manejo en el secuestro de carbono*. Sevilla: [Tesis de doctor Universidad de Sevilla]. [https://digital.csic.es/bitstream/10261/66313/4/Caracterizaci% c3% b3n% 20de% 20la % 20materia% 20org% c3% a1nica% 20de% 20suelos.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/66313/4/Caracterizaci%c3%b3n%20de%20la%20materia%20org%c3%a1nica%20de%20suelos.pdf)
- Schlatter y Gerding, V. (Enero de 2014). *Sitio Forestal*. Obtenido de researchgate.net: [https://www.researchgate.net/publication/277141706\\_Sitio\\_forestal](https://www.researchgate.net/publication/277141706_Sitio_forestal)
- Segerer, C., & Villodas, R. (2006). *Hidrología I*. Cuyo: Universidad Nacional de Cuyo.
- Soto, S. (2019). *Influencia de la calidad de sitio de la producción maderable del Pinus radiata D.Don, en el parque forestal Cumbe Mayo - Cajamarca* . Cajamarca: [Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3265>
- Suárez, J. A. (2018). *Caracterización de la semilla de Cinchona capuli L. Anderson y C. lancifolia Mutis y el efecto de las rizobacterias promotoras del crecimiento en la germinación y la formación de plántulas* . Lima: [Tesis de título Universidad Nacional de San Marcos]. [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/8440/Suarez\\_tj.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/8440/Suarez_tj.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

- Tapia, J. (2013). *Estudio de factibilidad para la producción orgánica y comercialización de quina Cinchona officinalis en el cantón Loja*. Quito: [Tesis de título Universidad San Francisco de Quito].  
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2482/1/106776.pdf>
- Thiers, O., Reyes, J., Gerding, V y Schlatter, J. (Enero de 2014). *Suelos en ecosistemas forestales*. Obtenido de [researchgate.net](https://www.researchgate.net):  
[https://www.researchgate.net/publication/277131964\\_SUELOS\\_EN\\_ECOSISTEMAS\\_FORESTALES](https://www.researchgate.net/publication/277131964_SUELOS_EN_ECOSISTEMAS_FORESTALES)
- Vallejos , O. (1996). *Productividad y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para Tectona grandis L.F., Bombacopsis quinatum (Jacq) Dugand y Gmelina arborea Roxb en Costa Rica*. Turrialba.
- Vázquez, E y Rojas, T. G. (2016). *PH Teoría y 232 problemas*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Vásquez , W y Ugalde , L. (1995). *Rendimiento y calidad de sitio para Gmelina arborea, Tectona grandis, Bombacopsis quinatum y Pinus caribaea en Guanacaste, Costa Rica*. Turrialba: CATIE.
- Villar , M. Á., Marcelo, F. E y Baselly, J. R. (2018). *Estudio silvicultural de la quina Cinchona officinalis L*. Cajamarca: Crear't S.R.L.
- Villena, J. J. (2007). *Determinación de calidad de sitio para Pinus patula en la cooperativa Atahualpa Jerusalén Granja Porcón Cajamarca*. Cajamarca: Instituto Nacional De Innovación Agraria.

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/416/T%20K10%20H874%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yucta, M. F. (2016). *Estructura y composición florística asociada al hábitat de crecimiento de Cinchona officinalis L. en la provincia de Loja*. Loja: [Tesis de título Universidad Nacional de Loja].

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11261/1/MARIA%20YUCTA.pdf>

Zevallos, P. (1989). *Taxonomía distribución geográfica y status del género Cinchona en el Perú*. Lima: Universidad Agraria la Molina.

Zuleta, E. J. (2015). *Caracterización física y química de los suelos de las áreas productivas del centro universitario del norte*. Alta Verapaz: Universidad de San Carlos de Guatemala. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/17/17\\_0646.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/17/17_0646.pdf)

# CAPÍTULO VII

## ANEXOS

Figura 9

Resultados de análisis de laboratorio UNALM



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

### ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION



Solicitante : YENNIFER LISBETH RUFASTO PERALTA

Departamento : CAJAMARCA  
 Distrito : CHOTA Y CONCHAN  
 Referencia : H.R. 73544-001C-21

Provincia : CHOTA  
 Predio :  
 Fecha : 19/01/2021

Bolt.: 4391

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Bases	Suma de Cationes	% Sat. De Bases		
								Arena %	Limo %			Ca <sup>2+</sup> mg	Mg <sup>2+</sup> mg	K <sup>+</sup> mg	Na <sup>+</sup> mg				Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup> mg	
044	C-1	3.58	0.27	0.00	7.24	21.4	138	71	17	12	Fr.A.	19.68	0.77	0.28	0.25	0.13	9.95	11.38	1.43	7
045	C-2	3.62	0.20	0.00	5.17	13.1	111	65	17	18	Fr.A.	21.76	0.74	0.23	0.21	0.12	12.30	13.61	1.31	6
046	C-3	3.70	0.21	0.00	9.59	16.3	114	61	21	18	Fr.A.	20.80	1.92	0.52	0.22	0.13	10.55	13.34	2.79	13
047	C-4	3.58	0.25	0.00	19.31	24.0	111	63	21	16	Fr.A.	24.32	1.66	0.47	0.23	0.17	9.00	11.52	2.52	10

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;  
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		N %
Lab	Claves	
044	C-1	0.68
045	C-2	0.60
046	C-3	0.48
047	C-4	0.79



*B. A. Torre*  
 Ing. Braulio La Torre Martínez  
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 Celular: 946-505-254  
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



## METODOS SEGUIDOS EN EL ANALISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. PH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
4. Calcareo total (CaCO<sub>3</sub>): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. %M.O.= $\frac{C \times 1.724}{V}$
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO<sub>3</sub>=0.5M, pH 8.5
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH<sub>3</sub> - COONH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>N, pH 7.0
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH<sub>3</sub> - COOH)<sub>4</sub>N; pH 7.0
10. Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> cambiabiles: reemplazamiento con acetato de amonio (CH<sub>3</sub> - COONH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.
11. Al<sup>+3</sup>+ H<sup>+</sup>: método de Yuan. Extracción con KCl, N
12. Iones solubles:
  - a) Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
  - b) Cl, Co<sub>3</sub>=, HCO<sub>3</sub>=, NO<sub>3</sub> solubles: volumetría y colorimetría, SO<sub>4</sub> turbidimetría con cloruro de Bario.
  - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
  - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

### Equivalencias:

- 1 ppm=1 mg/kilogramo
- 1 milimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro
- 1 miliequivalente / 100 g = 1 cmol(+)/kg
- Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes
- CE (1 : 1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

## TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad	CE(es)	Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible	Relaciones Catiónicas
Clasificación del Suelo					Clasificación
*muy ligeramente salino	<2	% <2.0	ppm P <7.0	ppm K <100	*Normal 0.2 - 0.3
*ligeramente salino	2 - 4	2 - 4	7.0 - 14.0	100 - 240	*defic. Mg >0.5
*moderadamente salino	4 - 8	>4.0	>14.0	>240	*defic. K >0.2
*fuertemente salino	>8				*defic. Mg >10

Reacción o pH	CLASIFICACIÓN	CLASES TEXTURALES	Distribución de Cationes %
Clasificación del Suelo			
*fuertemente ácido	A	= arena	Ca <sup>+2</sup> = 60 - 75
*moderadamente ácido	A.Fr	= arena franca	Mg <sup>+2</sup> = 15 - 20
*ligeramente ácido	Fr.A	= franco arenoso	K <sup>+</sup> = 3 - 7
*neutro	Fr.	= franco	Na <sup>+</sup> = <15
*ligeramente alcalino	Fr.L	= franco limoso	
*moderadamente alcalino	L	= limoso	
*fuertemente alcalino			

## Análisis de calidad de sitio mediante el test de Duncan

Figura 10

Ingreso de datos en el software InfoStat.

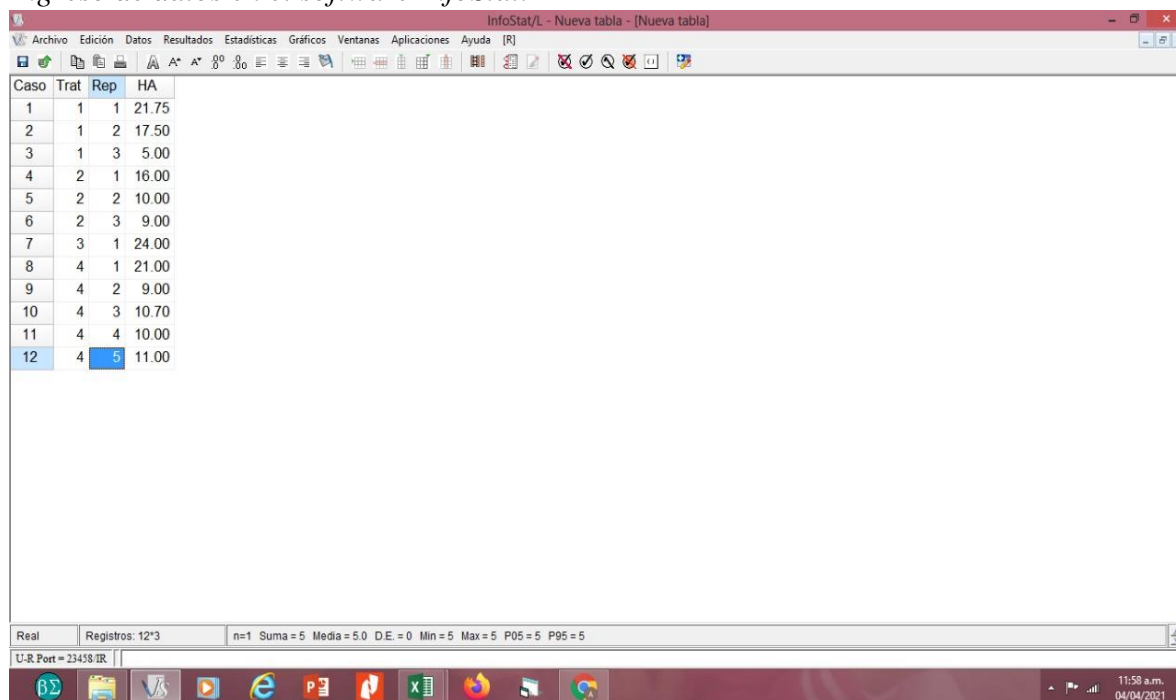


Figura 11

Análisis de varianza.

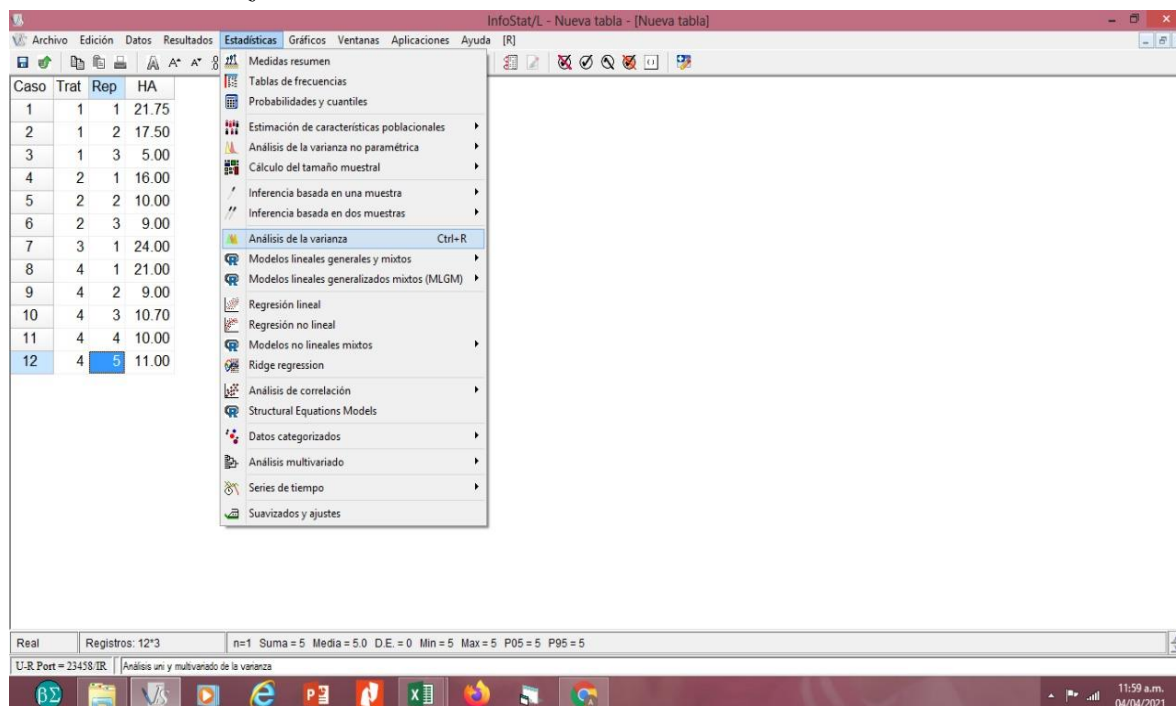


Figura 12

Análisis de varianza de los datos obtenidos.

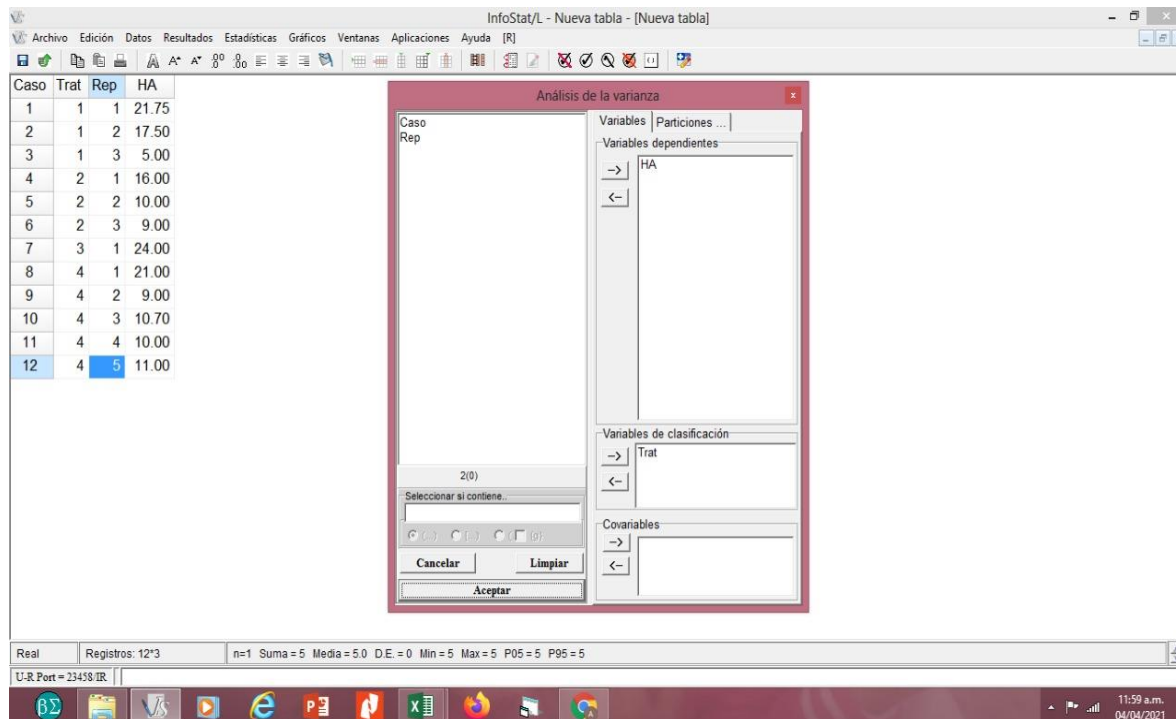


Figura 13

Procesamiento de datos obtenidos.

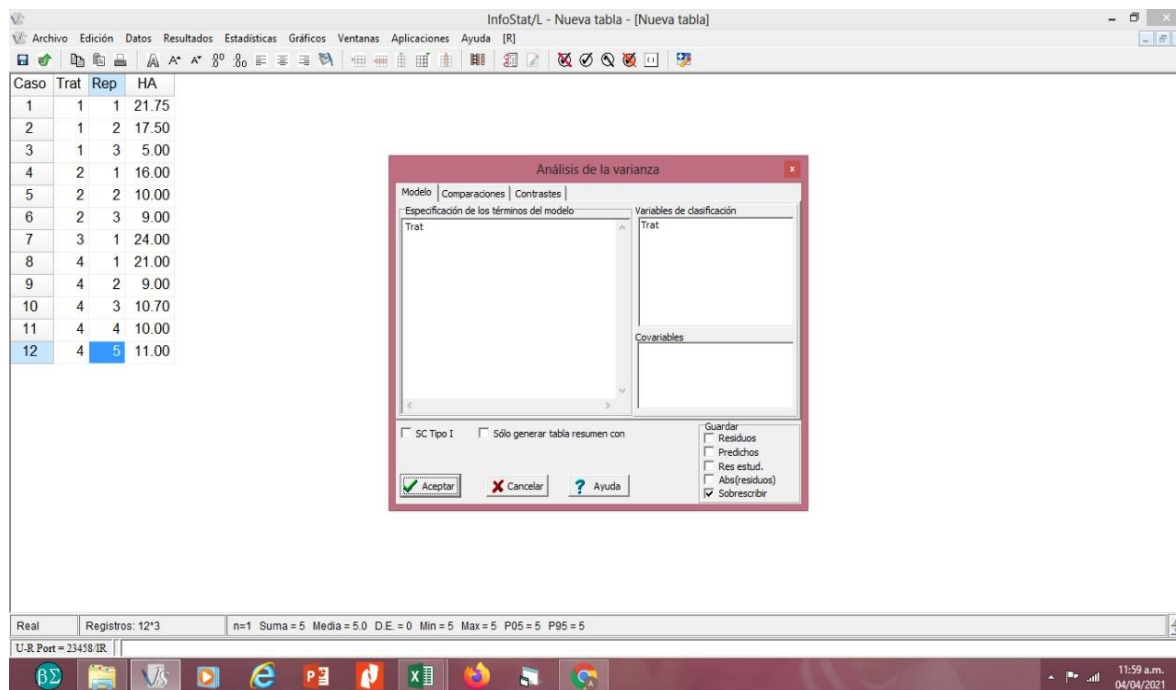


Figura 14

Procesamiento de datos obtenidos.

The screenshot shows the InfoStat/L software interface. On the left, a data table is displayed with columns 'Caso', 'Trat', 'Rep', and 'HA'. The data points are as follows:

Caso	Trat	Rep	HA
1	1	1	21.75
2	1	2	17.50
3	1	3	5.00
4	2	1	16.00
5	2	2	10.00
6	2	3	9.00
7	3	1	24.00
8	4	1	21.00
9	4	2	9.00
10	4	3	10.70
11	4	4	10.00
12	4	5	11.00

In the center, the 'Análisis de la varianza' dialog box is open. The 'Comparaciones' tab is selected, with 'Duncan' chosen as the comparison method. The 'Presentación' section has 'En lista ascendente' selected. The 'Nivel significación' is set to 0.05. The 'Mostrar medias según' section has 'Trat' checked. At the bottom, the 'Guardar' section has 'Sobrescribir' checked. The 'Aceptar' button is highlighted.

At the bottom of the software window, the following statistics are shown: Real, Registros: 12\*3, n=1, Suma=5, Media=5.0, D.E.=0, Min=5, Max=5, P05=5, P95=5. The system tray shows the time as 12:00 p.m. on 04/04/2021.

Figura 15

Resultados del procesamiento de datos.

The screenshot shows the InfoStat/L software interface displaying the results of an ANOVA test. The window title is 'InfoStat/L - Nueva tabla - [Resultados]'. The main text shows the following statistics:

Nueva tabla : 04/04/2021 - 11:33:56 a.m. - [Versión : 30/04/2020]  
 Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> A<sub>j</sub> CV  
 HA 12 0.92 0.07 42.76

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	131.02	3	43.67	1.26	0.3501
Trat	131.02	3	43.67	1.26	0.3501
Error	276.40	8	34.55		
Total	407.43	11			

**Test:Duncan Alfa=0.05**  
 Error: 34.5505 gl: 8  
 Trat Medias n E.E.

Trat	Media	n	E.E.
2	11.67	3	3.39 A
4	12.34	5	2.63 A
1	14.75	3	3.39 A
3	24.00	1	5.88 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

At the bottom, a summary table shows the results of the Duncan test:

ANAVA	DUNCAN	SHEFFÉ

The system tray shows the time as 12:00 p.m. on 04/04/2021.

## Análisis de componentes principales (CP)

Figura 16

### Procesamiento de análisis multivariado

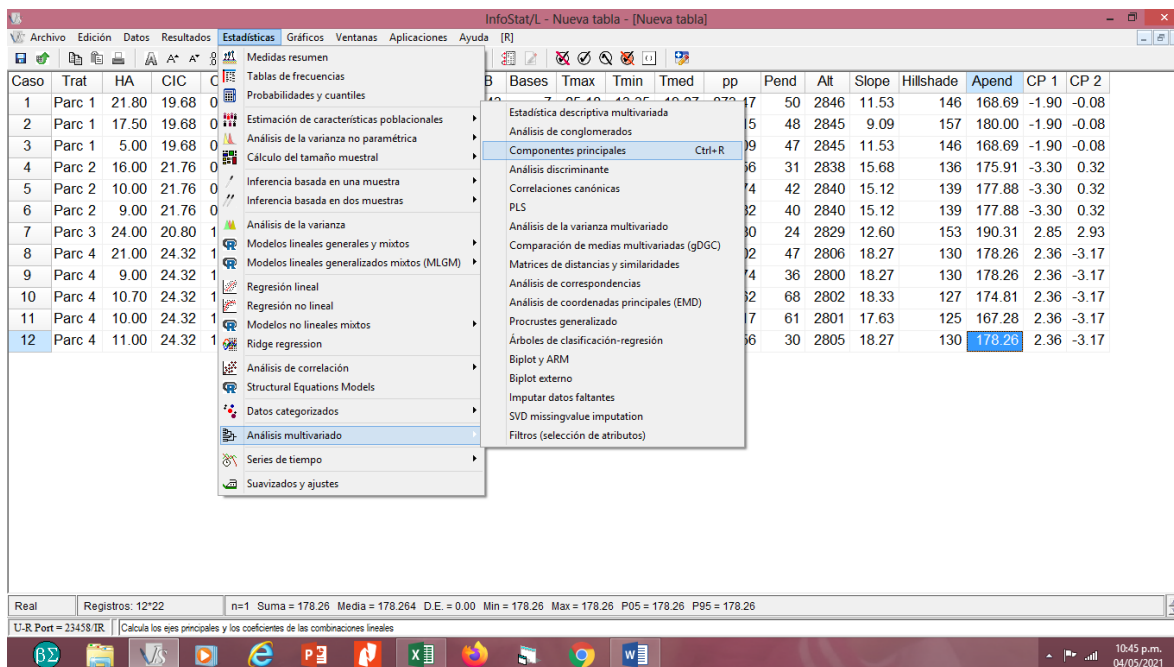


Figura 17

### Procesamiento de CP

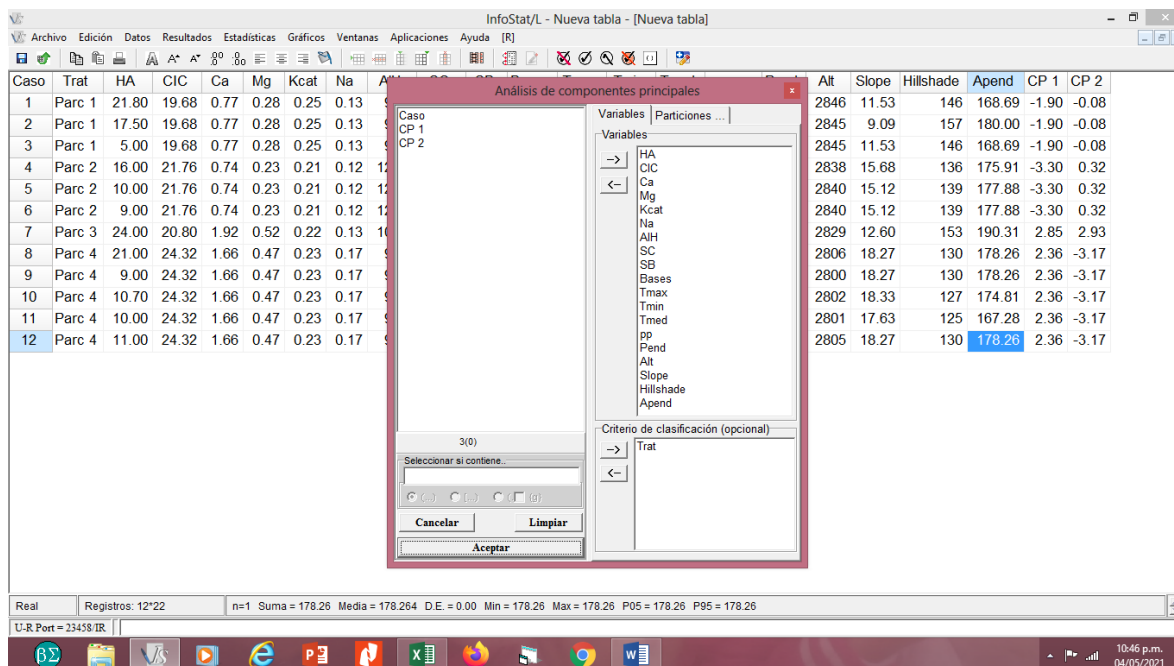




Figura 18

Análisis de CP con gráfico de Biplot

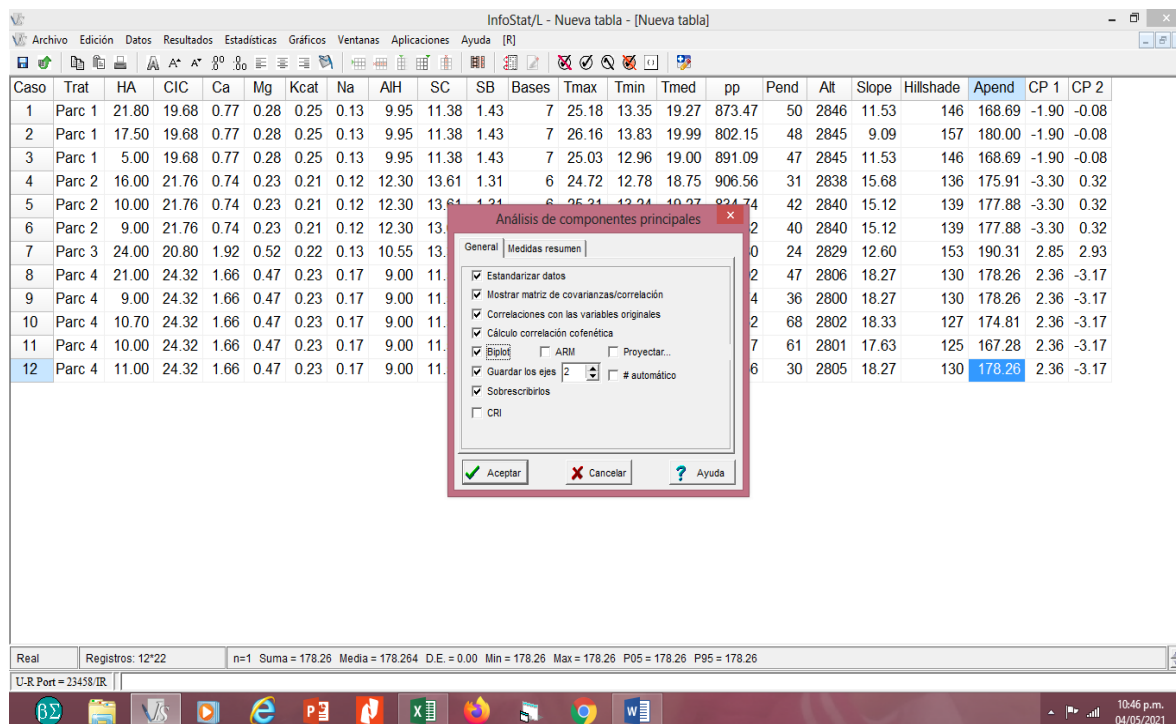


Figura 19

Resultados de CP

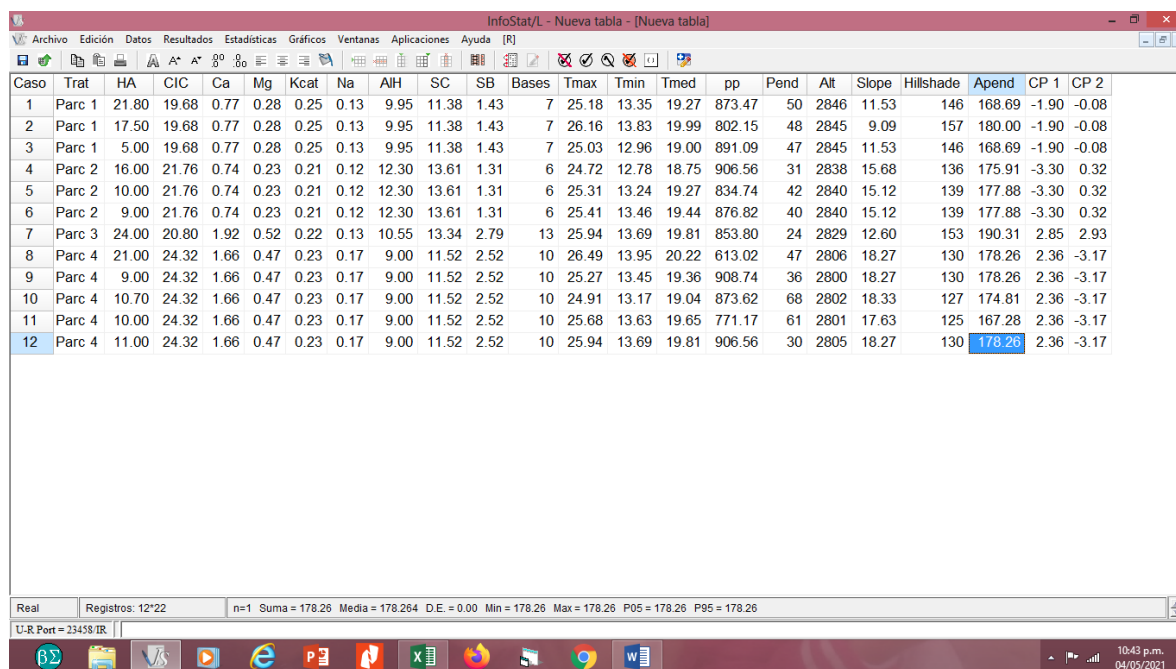
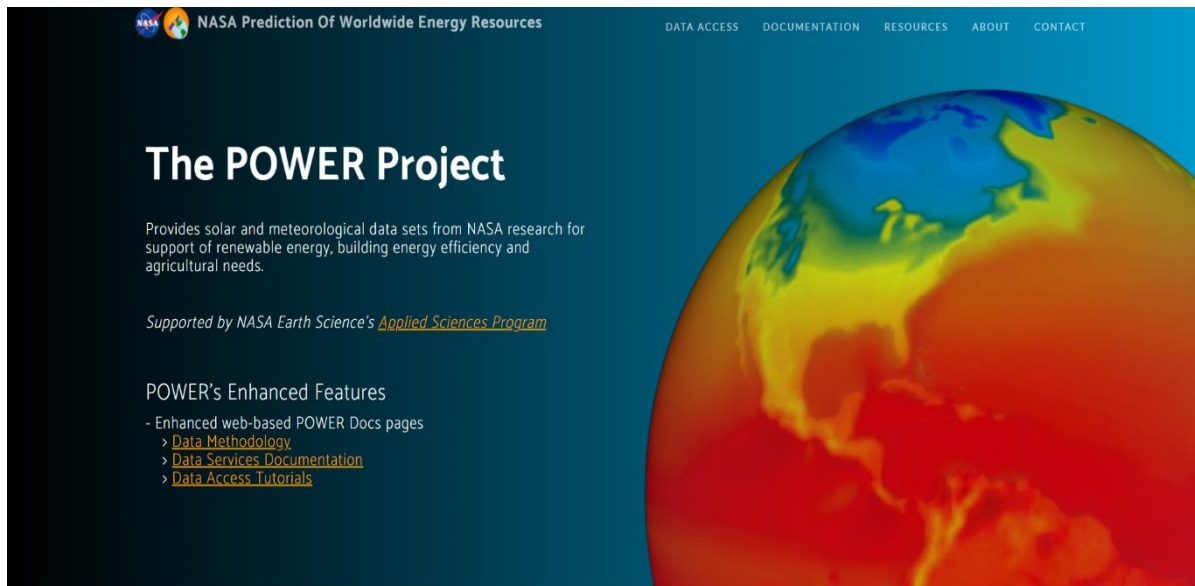


Figura 20

Base de datos the POWER project



Multiple Data Access Options

Figura 21

Visor de acceso a datos



Figura 22

Selección de latitud, longitud del área en estudio.

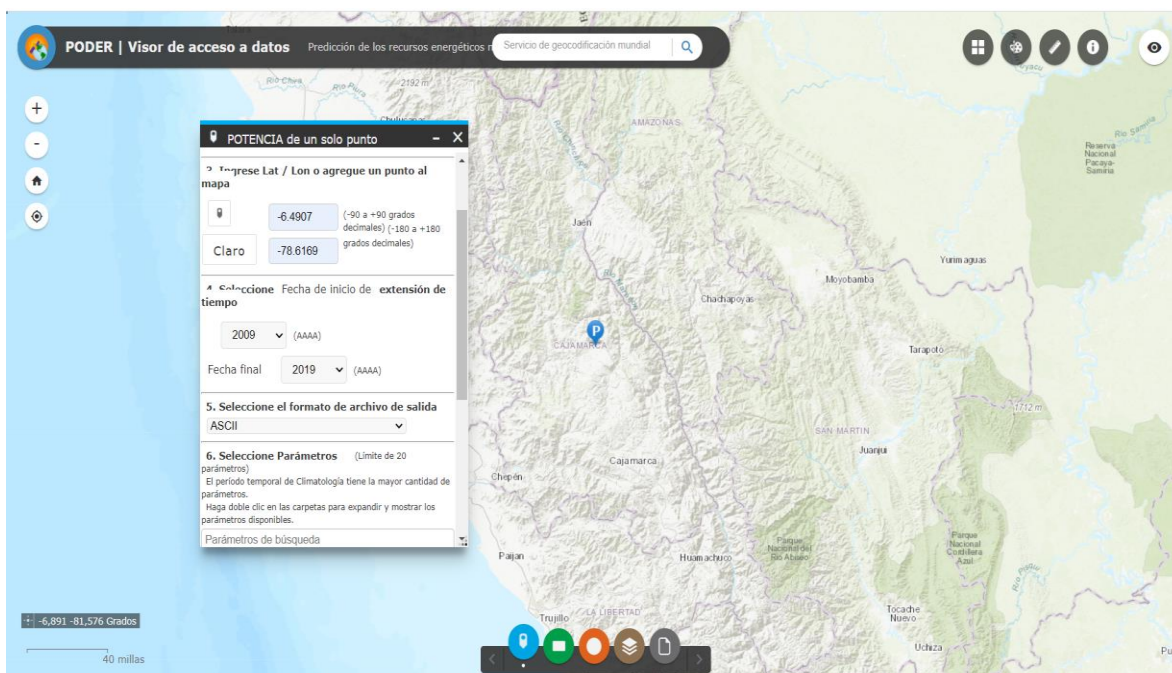


Figura 23

Selección de datos (temperatura).

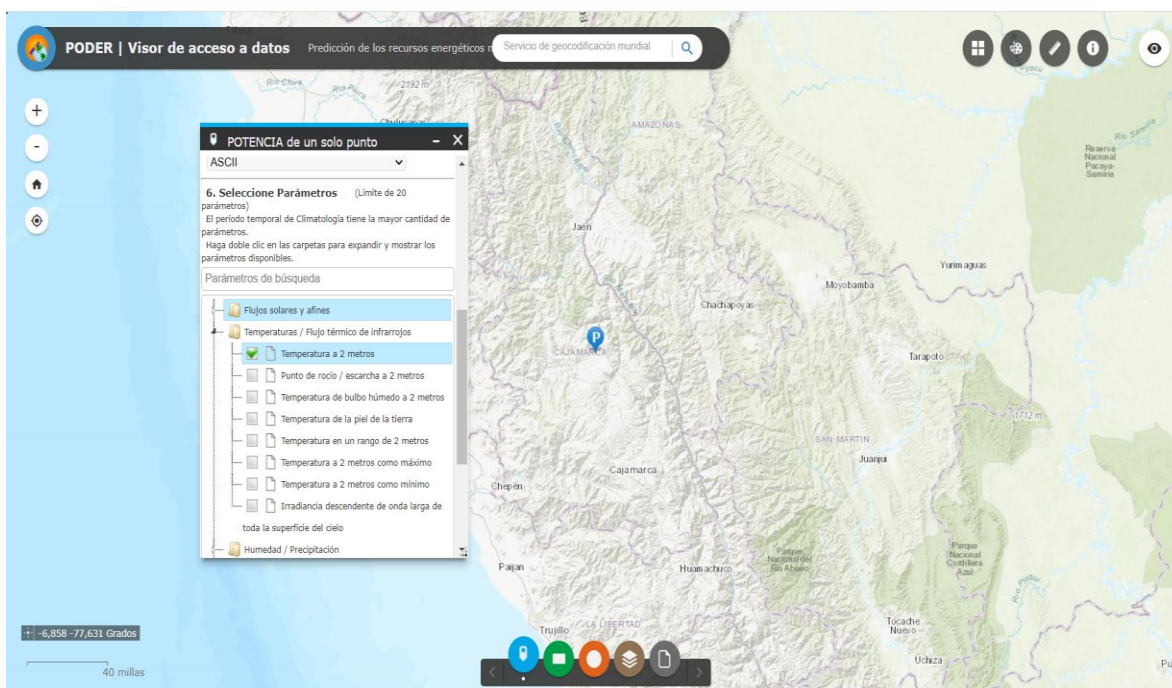




Figura 24

Reporte de datos descargados en Excel.

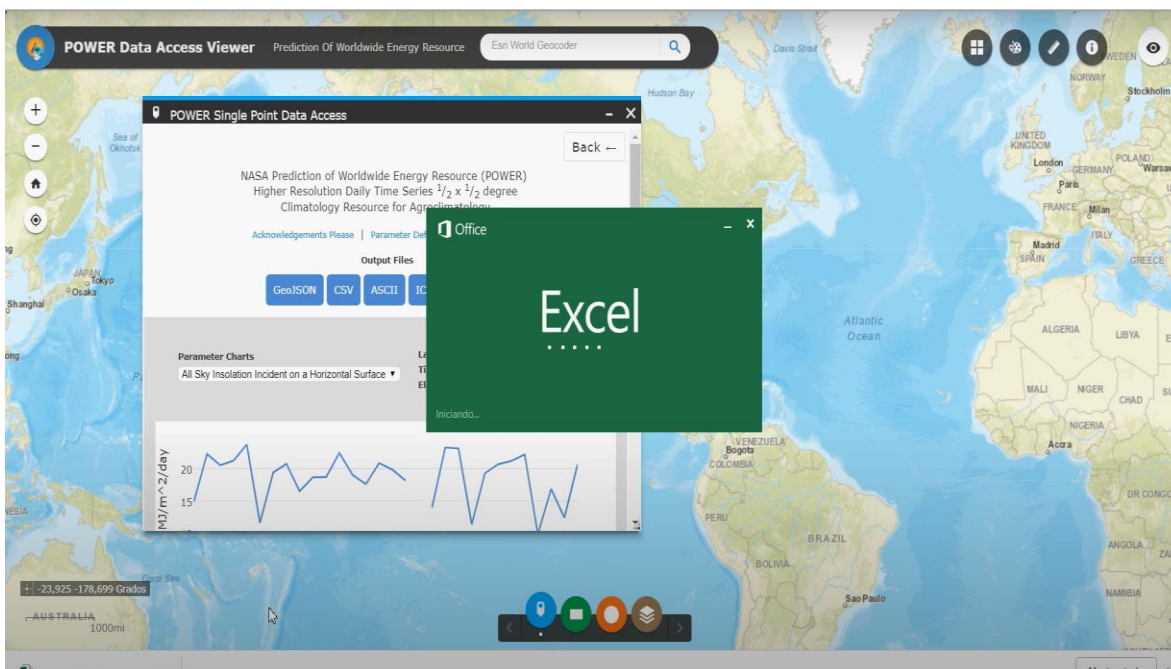


Figura 25

Geoservidor Giovanni

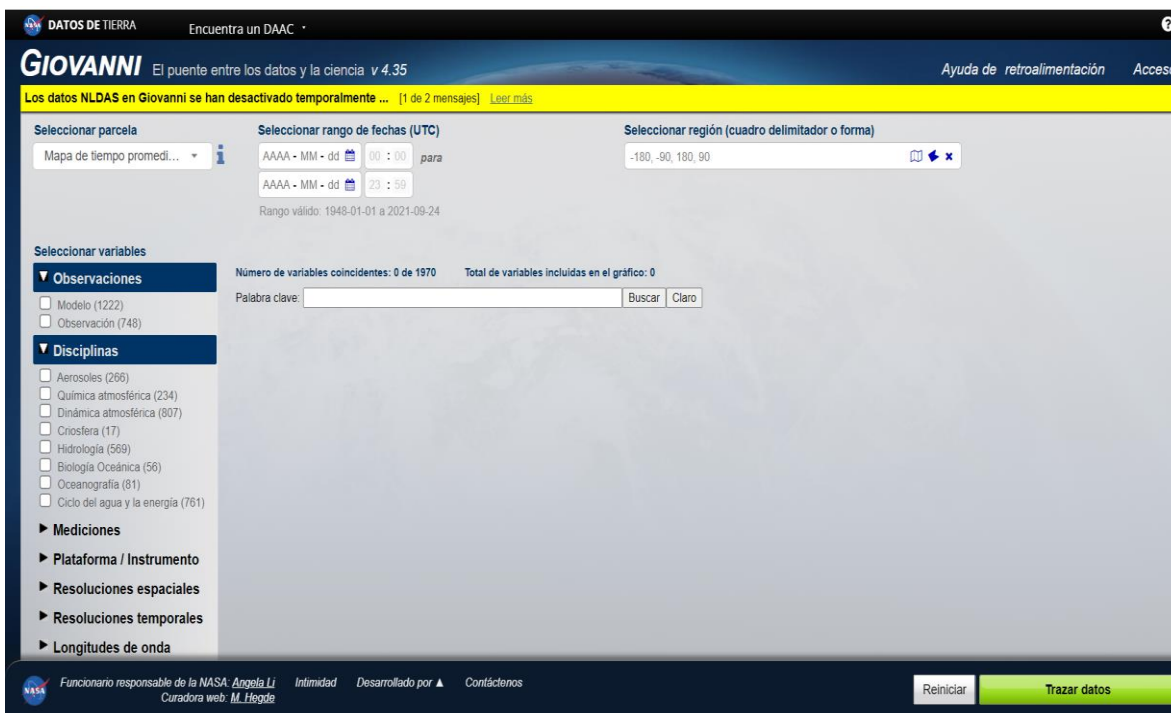


Figura 26

Selección de satélite TRMM

Encuentra un DAAC · **GIOVANNI** El puente entre los datos y la ciencia v 4.35 [Ayuda de retroalimentación](#) [Acceso](#)

Los datos NLDAS en Giovanni se han desactivado temporalmente ... [1 de 2 mensajes] [Leer más](#)

Seleccionar parcela: Mapa de tiempo promedi...  
 Seleccionar rango de fechas (UTC): AAAA - MM - dd 00 : 00 para AAAA - MM - dd 23 : 59  
 Rango válido: 1948-01-01 a 2021-09-24  
 Seleccionar región (cuadro delimitador o forma): -180, -90, 180, 90

Seleccionar variables: Observaciones (Modelo (1222), Observación (748)), Disciplinas (Aerosoles (266), Química atmosférica (234), Dinámica atmosférica (807), Criosfera (17), Hidrología (569), Biología Oceánica (56), Oceanografía (81), Ciclo del agua y la energía (761)), Mediciones, Plataforma / Instrumento, Resoluciones espaciales, Resoluciones temporales, Longitudes de onda

Palabra clave: TRMM  
 Buscar Claro

TRMM  
 TRMM\_3B42RT\_daily  
 TRMM\_3B42\_daily  
 TRMM\_3B42  
 trmm

Reiniciar Trazar datos

Figura 27

Datos de precipitación expresado en mm/mes.

Encuentra un DAAC · **GIOVANNI** El puente entre los datos y la ciencia v 4.35 [Ayuda de retroalimentación](#) [Acceso](#)

Los datos NLDAS en Giovanni se han desactivado temporalmente ... [1 de 2 mensajes] [Leer más](#)

Seleccionar parcela: Mapa de tiempo promedi...  
 Seleccionar rango de fechas (UTC): AAAA - MM - dd 00 : 00 para AAAA - MM - dd 23 : 59  
 Límite de invitados: 4 pasos de tiempo  
 Rango válido: 1998-01-01 a 2019-12-31  
 Especifique una fecha de inicio.

Seleccionar variables: Observaciones (Observación (22)), Disciplinas (Hidrología (22), Ciclo del agua y la energía (9)), Mediciones, Plataforma / Instrumento, Resoluciones espaciales, Resoluciones temporales, Longitudes de onda, Portal

Palabra clave: TRMM  
 Buscar Claro

Variable	Unidades	Fuente	Temp. Res.	Spat. Res.	Fecha de inici	Fecha final	Vert. Rodaja
<input type="checkbox"/> Graucel. ( TRMM_3A12 v7 )	g / m ^ 3	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	0,5 km
<input type="checkbox"/> Precipitación (nieve). ( TRMM_3A12 v7 )	g / m ^ 3	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	0,5 km
<input type="checkbox"/> Tasa de precipitación. ( TRMM_3A12 v7 )	mm / hora	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	-
<input type="checkbox"/> Precipitación (luz). ( TRMM_3A12 v7 )	g / m ^ 3	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	0,5 km
<input type="checkbox"/> Tasa de precipitación en tiempo casi real. ( TRMM_3B42RT v7 )	mm / hora	TRMM	3 horas	0,25 *	2003-03-01	2020-01-01	-
<input type="checkbox"/> Calentamiento latente. ( TRMM_3A12 v7 )	C / hora	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	0,5 km
<input type="checkbox"/> Tasa de lluvia. ( TRMM_3A12 v7 )	mm / hora	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	-
<input checked="" type="checkbox"/> Tasa de precipitación. ( TRMM_3B43 v7 )	mm / mes	TRMM	Mensual	0,25 *	1998-01-01	2019-12-31	-
<input type="checkbox"/> Hielo en la nube. ( TRMM_3A12 v7 )	pulgada / día pulgada / hora pulgada / mes mm / día mm / hora mm / mes	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	0,5 km

Reiniciar Trazar datos

Figura 28

Selección de rangos de fechas

The screenshot shows the GIOVANNI web interface with the following details:

- Header:** DATOS DE TIERRA, Encuentra un DAAC, El puente entre los datos y la ciencia v 4.35, Ayuda de retroalimentación, Acceso.
- Message:** Los datos NLDAS en Giovanni se han desactivado temporalmente ... [1 de 2 mensajes] Leer más
- Form Fields:**
  - Seleccionar parcela: Mapa de tiempo promediado...
  - Seleccionar rango de fechas (UTC): 2009 - 01 - 01 00:00 para AAAA - MM - dd 23:59. A dropdown menu is open for 'Elija una fecha de finalización' showing '2019' and '12 - dic'.
  - Seleccionar región: -180, -90, 180, 90
- Table:**

Variable	Unidades	Fuente	Temp Res.	Spat Res.	Fecha de inici	Fecha final	Vert. Rodaja
<input type="checkbox"/> Graueal. ( TRMM_3A12 v7 )	g / m ^ 3	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	0,5 km
<input type="checkbox"/> Precipitación (nieve). ( TRMM_3A12 v7 )	g / m ^ 3	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	0,5 km
<input type="checkbox"/> Tasa de precipitación. ( TRMM_3A12 v7 )	mm / hora	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	-
<input type="checkbox"/> Precipitación (lluvia). ( TRMM_3A12 v7 )	g / m ^ 3	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	0,5 km
<input type="checkbox"/> Tasa de precipitación en tiempo casi real. ( TRMM_3B42RT v7 )	mm / hora	TRMM	3 horas	0,25 *	2003-03-01	2020-01-01	-
<input type="checkbox"/> Calefacción latente. ( TRMM_3A12 v7 )	C / hora	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	0,5 km
<input type="checkbox"/> Tasa de lluvia. ( TRMM_3A12 v7 )	mm / hora	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	-
<input checked="" type="checkbox"/> Tasa de precipitación. ( TRMM_3B43 v7 )	mm / mes	TRMM	Mensual	0,25 *	1998-01-01	2019-12-31	-
<input type="checkbox"/> Hielo en la nube. ( TRMM_3A12 v7 )	g / m ^ 3	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	0,5 km
- Footer:** Funcionario responsable de la NASA: Angella Li, Intimidad, Desarrollado por, Contáctenos, Curadora web: M. Hegde, Reiniciar, Trazar datos.

Figura 29

Serie temporal por área.

The screenshot shows the GIOVANNI web interface with the following details:

- Header:** DATOS DE TIERRA, Encuentra un DAAC, El puente entre los datos y la ciencia v 4.35, Ayuda de retroalimentación, Acceso.
- Message:** Los datos NLDAS en Giovanni se han desactivado temporalmente ... [1 de 2 mensajes] Leer más
- Form Fields:**
  - Seleccionar parcela: Mapa de tiempo promediado...
  - Seleccionar rango de fechas (UTC): 2009 - 01 - 01 00:00 para
  - Seleccionar región: -180, -90, 180, 90
- Menu:**
  - Mapas:** Mapa de tiempo promediado, Animación, Mapa, diferencia de tiempo promediado, Mapa, acumulado, Mapa de superposición de promedios de tiempo, Promedios mensuales y estacionales, Comparaciones, Mapa, correlación.
  - Series de tiempo:**
    - Dispersion, área promediada (estática)
    - Dispersion (interactivo)
    - Dispersion (estática)
    - Dispersion, promediado en el tiempo (interactivo)
    - Vertical: Sección transversal, latitud-presión, Sección transversal, longitud-presión, Sección transversal, tiempo-presión, Perfil vertical.
    - Serie temporal, promediado por área** (Selected)
    - Serie temporal, estacional
    - Media zonal
    - Histograma
- Table:**

Variable	Unidades	Fuente	Temp Res.	Spat Res.	Fecha de inici	Fecha final	Vert. Rodaja
<input type="checkbox"/> Tasa de precipitación en tiempo casi real. ( TRMM_3B42RT v7 )	mm / hora	TRMM	3 horas	0,25 *	2003-03-01	2020-01-01	-
<input type="checkbox"/> Calefacción latente. ( TRMM_3A12 v7 )	C / hora	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	0,5 km
<input type="checkbox"/> Tasa de lluvia. ( TRMM_3A12 v7 )	mm / hora	TRMM	Mensual	0,5 *	1997-12-01	2015-03-31	-
<input checked="" type="checkbox"/> Tasa de precipitación. ( TRMM_3B43 v7 )	mm / mes	TRMM	Mensual	0,25 *	1998-01-01	2019-12-31	-
- Footer:** Funcionario responsable de la NASA: Angella Li, Intimidad, Desarrollado por, Contáctenos, Curadora web: M. Hegde, Reiniciar, Trazar datos.

Figura 30

Procesando datos a extraer

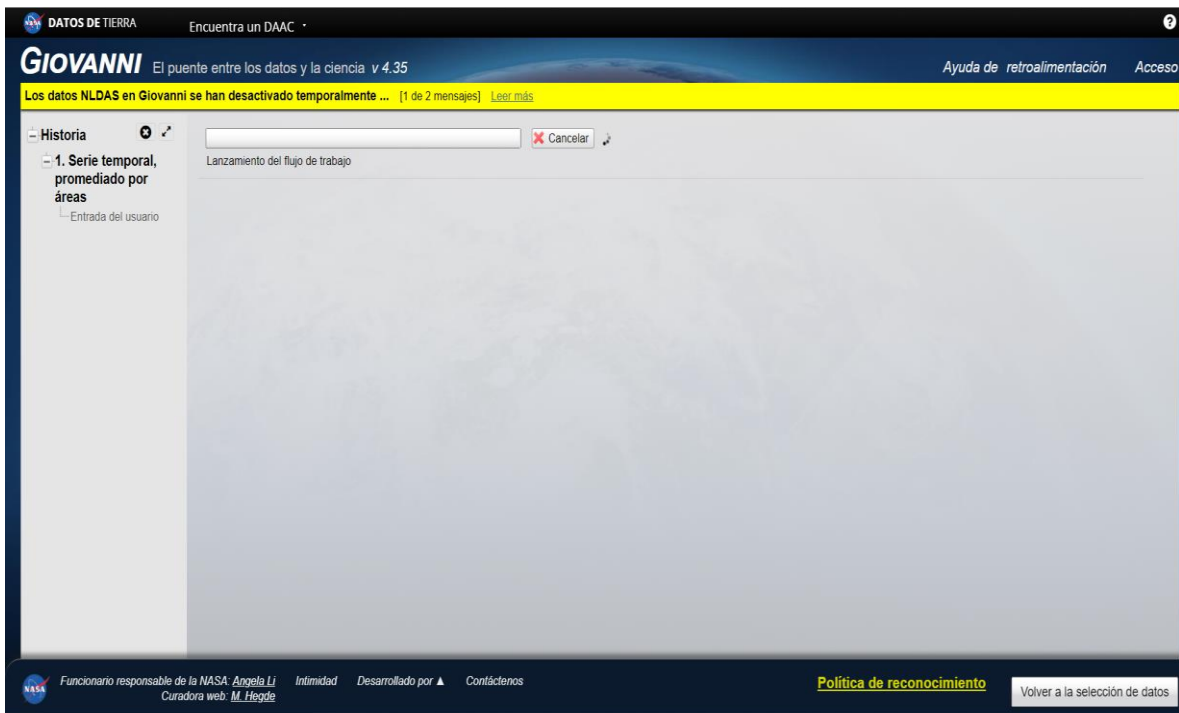


Figura 31

Gráfica de precipitación.

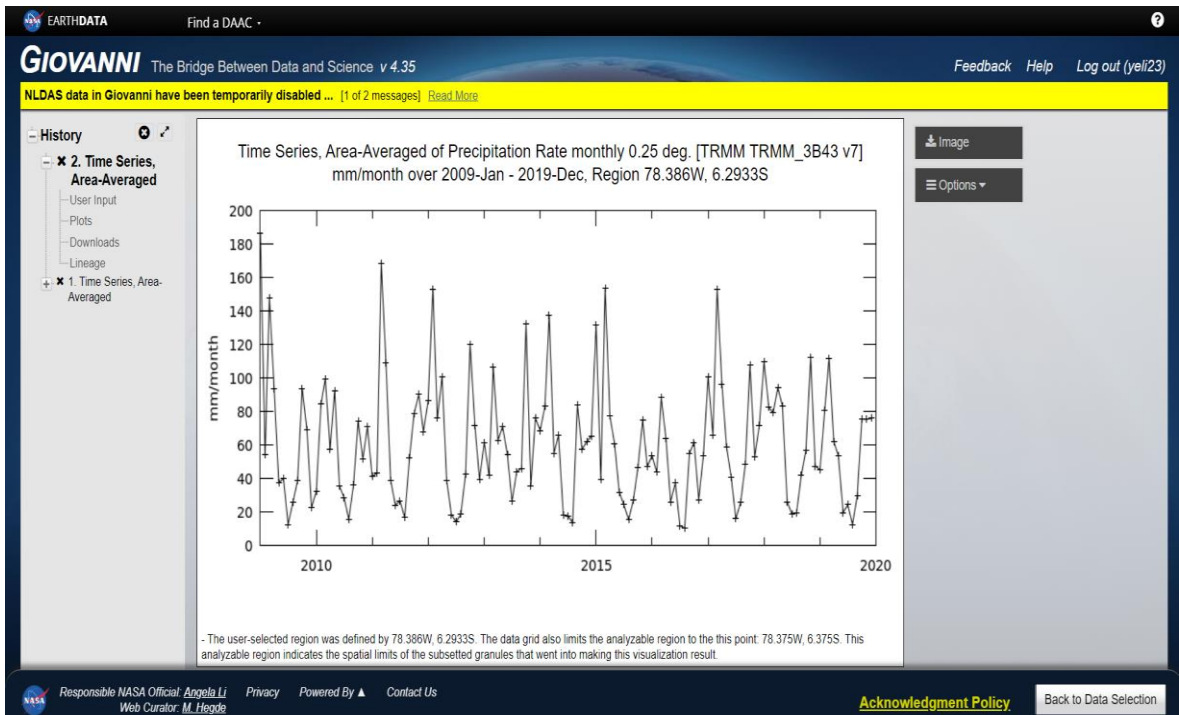


Figura 32

Descarga de datos.

The screenshot displays the GIOVANNI web interface. At the top, the header includes the NASA logo, the text "EARTHDATA Find a DAAC", the GIOVANNI logo, the tagline "The Bridge Between Data and Science v 4.35", and navigation links for "Feedback", "Help", and "Log out (yell23)". A yellow banner below the header contains a message: "NLDAS data in Giovanni have been temporarily disabled ... [1 of 2 messages] [Read More](#)".

The main content area is divided into two sections. On the left is a "History" sidebar with a tree view containing two items: "2. Time Series, Area-Averaged" (expanded) and "1. Time Series, Area-Averaged". The "2. Time Series, Area-Averaged" item has sub-items: "User Input", "Plots", "Downloads" (highlighted), and "Lineage".

The right section is titled "Downloads" and contains the following text: "Click format links (e.g., NetCDF) to download files of that format. All downloadable files represent plot data. Available file formats vary based on plot type." Below this text, under the heading "File Links:", there are three links: "NetCDF", "CSV", and "PNG". To the right of these links is a file name: "g4.areaAvgTimeSeries.TRMM\_3B43\_7.precipitation.20090101-20191231.78W\_6S\_78W\_6S".

At the bottom of the page, there is a footer with the NASA logo, the text "Responsible NASA Official: [Angela Li](#) Web Curator: [M. Hegde](#)", links for "Privacy", "Powered By", and "Contact Us", a link for "Acknowledgment Policy", and a button labeled "Back to Data Selection".



## Descripción de las calicatas

### Calicata N° 1

<b>Ubicación</b>	La Berbena – La Palma
<b>CUM</b>	F2sec
<b>Microrelieve</b>	Ondulado suave
<b>Altitud</b>	2846 m s.n.m.
<b>Textura</b>	Franco arenoso
<b>Drenaje</b>	Moderado
<b>pH</b>	Extremadamente ácido
<b>Pendiente</b>	0.48%
<b>Profundidad efectiva</b>	Moderadamente profundos
<b>Pedregosidad superficial</b>	Ligeramente pedregoso
<b>Erosión hídrica</b>	Ligera
<b>Salinidad</b>	Libre de sales
<b>Riesgo de inundación</b>	Sin riesgo
<b>Clima</b>	Húmedo -Templado
<b>Zona de vida</b>	Bosque húmedo - Montano Bajo Tropical (bh-MBT)
<b>Fertilidad del suelo</b>	Fertilidad media

**A** 10 a 16 cm

Horizonte fuertemente ácido, libre a muy ligeramente afectados de exceso de sales y sodio (0,27), alto contenido de materia orgánica (M.O: 7,24 %), fosforo (P:21,4 ppm), cantidad media de potasio (K: 138 ppm); presenta una clase textural franco arenoso (Fr. A), con una capacidad de intercambio catiónico de (CIC; 19,68), sin calcáreo total ( $\text{CaCO}_3$ : 0,00%), con un contenido de nitrógeno alto (N: 0,68%).



*Figura 33 Calicata N° 1*

## Calicata N° 2

<b>Ubicación</b>	La Berbena – La Palma
<b>CUM</b>	F2sc
<b>Microrelieve</b>	Ondulado
<b>Altitud</b>	2838 m s.n.m.
<b>Textura</b>	Franco arenoso
<b>Drenaje</b>	Moderado
<b>pH</b>	Extremadamente ácido
<b>Pendiente</b>	0.38%
<b>Profundidad efectiva</b>	Moderadamente profundo
<b>Pedregosidad superficial</b>	Ligeramente pedregoso
<b>Erosión hídrica</b>	Muy ligera
<b>Salinidad</b>	Libre de sales
<b>Riesgo de inundación</b>	Sin riesgo
<b>Clima</b>	Húmedo -Templado
<b>Zona de vida</b>	Bosque húmedo - Montano Bajo Tropical (bh-MBT)
<b>Fertilidad del suelo</b>	Fertilidad media

A 12- 24.4 cm

Horizonte fuertemente ácido, libre a muy ligeramente afectados de exceso de sales y sodio (0,20), alto contenido de materia orgánica (M.O: 5,17 %), nivel medio de fosforo (P: 13,1 ppm), potasio (K: 111 ppm); presenta una clase textural franco arenoso (Fr. A), con una capacidad de intercambio catiónico de (CIC; 21,76), sin calcáreo total (CaCO<sub>3</sub>: 0,00%), con un contenido de nitrógeno alto (N: 0,68%).





*Figura 34 Calicata N° 2*

### Calicata N° 3

<b>Ubicación</b>	La Berbena – La Palma
<b>CUM</b>	F2sc
<b>Microrelieve</b>	Ondulado suave
<b>Altitud</b>	2829 m s.n.m.
<b>Textura</b>	Franco arenoso
<b>Drenaje</b>	Moderado
<b>pH</b>	Extremadamente ácido
<b>Pendiente</b>	0.24%
<b>Profundidad efectiva</b>	Moderadamente profundo
<b>Pedregosidad superficial</b>	Ligeramente pedregoso
<b>Erosión hídrica</b>	Muy ligera
<b>Salinidad</b>	Libre de sales
<b>Riesgo de inundación</b>	Sin riesgo
<b>Clima</b>	Húmedo -Templado
<b>Zona de vida</b>	Bosque húmedo - Montano Bajo Tropical (bh-MBT)
<b>Fertilidad del suelo</b>	Fertilidad media

A 3 a 18 cm

Horizonte fuertemente ácido, libre a muy ligeramente afectados de exceso de sales y sodio (0,21), alto contenido de materia orgánica (M.O: 9,59 %), nivel alto de fosforo (P: 16,3 ppm), nivel medio de potasio (K: 114 ppm); presenta una clase textural franco arenoso (Fr. A), con una capacidad de intercambio catiónico de (CIC; 20,80), sin calcáreo total ( $\text{CaCO}_3$ : 0,00%), con un contenido de nitrógeno medio (N: 0,48%).



*Figura 35 Calicata N° 3*

#### Calicata N° 4

<b>Ubicación</b>	La Berbena – La Palma
<b>CUM</b>	F2sc
<b>Microrelieve</b>	Ondulado
<b>Altitud</b>	2806 m s.n.m.
<b>Textura</b>	Franco arenoso
<b>Drenaje</b>	Moderado
<b>pH</b>	Extremadamente ácido
<b>Pendiente</b>	0,48%
<b>Profundidad efectiva</b>	Superficial
<b>Pedregosidad superficial</b>	Ligeramente pedregoso
<b>Erosión hídrica</b>	Ligera
<b>Salinidad</b>	Libre de sales
<b>Riesgo a inundación</b>	Sin riesgo
<b>Clima</b>	Húmedo -Templado
<b>Zona de vida</b>	Bosque húmedo - Montano Bajo Tropical (bh-MBT)
<b>Fertilidad del suelo</b>	Fertilidad media

A 9 a 20 cm

Horizonte fuertemente ácido, libre a muy ligeramente afectados de exceso de sales y sodio (0,25), alto contenido de materia orgánica (M.O: 19,31 %), nivel alto de fósforo (P: 24,0 ppm), nivel medio de potasio (K: 111 ppm); presenta una clase textural franco arenoso (Fr. A), con una capacidad de intercambio catiónico de (CIC; 24,32), sin calcáreo total ( $\text{CaCO}_3$ : 0,00%), con un contenido de nitrógeno alto (N: 0,79%).





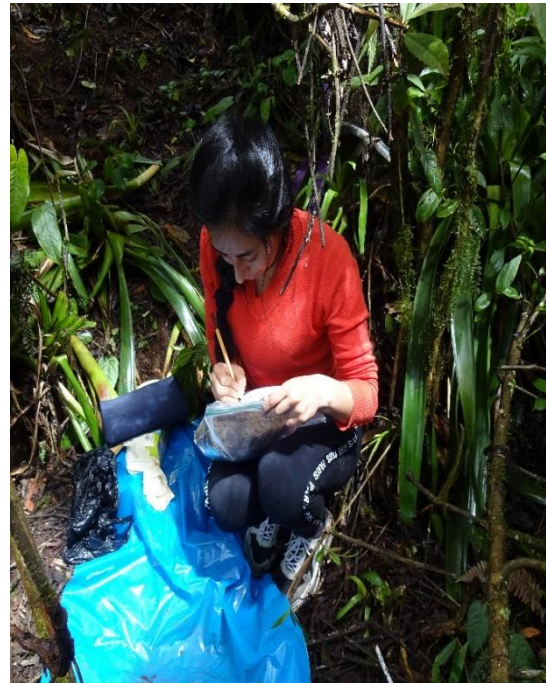
*Figura 36 Calicata N° 4*



**Panel fotográfico**



*Figura 37 Establecimiento de parcelas y georreferenciación de especie Cinchona sp.*



*Figura 38 Recolección de muestras de suelo por calicata establecida.*





*Figura 39 Establecimiento de distancia de Cinchona sp., para establecer la calicata*



*Figura 40 Establecimiento de parcelas en el área de estudio*





*Figura 41 Recolección de datos dasométricos*



*Figura 42 Medición de altura de especie Cinchona sp.*