

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA CON GUANO DE ISLAS
SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Guazuma crinita* (BOLAINA BLANCA)
EN UNA PLANTACIÓN EN TULUMAYO**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

HANOVER ABAD GUERRA

Tingo María - Perú

2023

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'H' and 'A' followed by a flourish.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°014-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 23 de febrero de 2023, a horas 10:00 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA CON GUANO DE ISLAS SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Guazuma crinita*(BOLAINA BLANCA) EN UNA PLANTACIÓN EN TULUMAYO”

Presentado por el Bachiller: **ABAD GUERRA, Hanover**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 08 de marzo de 2023

Ing. RAUL ARAUJO TORRES
PRESIDENTE

Ing. JAIME TORRES GARCIA
MIEMBRO

Ing. M.Sc. JOSE DIONISIO ARMAS
MIEMBRO

Ing. M.Sc. DAVID P. QUISPE JANAMPA
ASESOR





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 056 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:


Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA CON GUANO DE ISLAS SOBRE EL CRECIMIENTO DE <i>Guazuma crinita</i> (BOLAINA BLANCA) EN UNA PLANTACIÓN EN TULUMAYO	HANOVER ABAD GUERRA	11% Once

Tingo María, 15 de marzo de 2023


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EDÁFICA CON GUANO DE ISLAS SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Guazuma crinita* (BOLAINA BLANCA) EN UNA PLANTACIÓN EN TULUMAYO

Autor : Hanover Abad Guerra

Asesor (es) : M. Sc. David P. Quispe Janampa

Programa de investigación : Gestión de bosques y plantaciones forestales

Línea de investigación : Sistemas Agroforestales

Eje temático : Manejo de plantaciones

Lugar de ejecución : CIPTALD - UNAS

Duración del trabajo : 06 meses

Financiamiento : 2 581,15 soles

Tingo María - Perú

2023

DEDICATORIA

A Dios, por iluminar mi sendero de vida y protegerme en todo momento.

A mi señora madre Juana Esther Guerra Usnava, agradecido por darme la vida, que sin eso no pudiera estar escribiendo estas líneas en este documento.

A mis abuelitos, Esther Usnava Galán y Leoncio Guerra Rojas, quienes apostaron y apuestan por mi, me otorgaron los mayores conocimientos sobre y son parte de mi vida, sin ellos no hubiera logrado las cosas que hasta ahora he alcanzado y las cosas venideras.

A mi tío Manuel Sacramento Navarro Salas, muy agradecido por todo lo aportado hacia mi persona, seguiremos compartiendo más momentos.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien me abrió sus puertas con fines de alinearme en su visión de formar profesionales competitivos comprometidos con el recurso forestal como una de sus carreras muy prestigiosas.
- A la Facultad de Recursos Naturales, que me ofreció la plana de catedráticos que vienen impartiendo sus conocimientos del día a día para ser mejores durante la etapa de estudiante.
- Al Ing. David P. Quispe Janampa, asesor de la presente tesis, quien me dio la confianza con fines de aclararme algunas dudas y orientarme en todo el proceso del cumplimiento de la presente tesis y también por ser parte de los docentes que aportaron en mi formación profesional.
- A los Ingenieros José A. Dionisio Armas, Raúl Araujo Torres y Jaime Torres García, quienes son los que conforman el jurado calificador, por recomendarme y mejorar muchos aspectos desde la aprobación del proyecto de tesis hasta la culminación de la tesis.
- A mis amistades Jony Sol Sol, José Calderón Weninger, Marcelino Díaz Fasabi y Frits Palomino Vera, quienes aportaron con orientaciones tanto en mi vida personal como también en algunos aspectos técnicos durante la ejecución de la tesis.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Fertilización edáfica	3
2.1.2. Guano de islas.....	5
2.1.3. Crecimiento de las plantas.....	7
2.1.4. Área foliar.....	8
2.1.5. Plantaciones forestales.....	10
2.1.6. <i>Guazuma crinita</i> (bolaina blanca)	11
2.2. Estado del arte.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Lugar de ejecución.....	15
3.1.1. Ubicación política.....	15
3.1.2. Zona de vida	15
3.1.3. Condiciones de clima	15
3.1.4. Características de la parcela	16
3.2. Materiales y equipos	16
3.3. Generalidades de la investigación	17
3.3.1. Tipo de estudio	17
3.3.2. Diseño de estudio	17
3.3.3. Nivel de estudio.....	17
3.3.4. Tratamiento en estudio	17
3.3.5. Diseño de la parcela experimental.....	17
3.3.6. Esquema del análisis de la varianza (ANVA).....	18
3.3.7. Modelo aditivo lineal.....	19
3.4. Metodología.....	19
3.4.1. Para determinar el efecto de la fertilización edáfica con guano de islas sobre la altura total, diámetro del tallo, el índice de robustez y el diámetro de copa en plantas de <i>G. crinita</i> establecidas en Tulumayo.....	19

3.4.2. Para determinar el efecto de la fertilización edáfica con guano de islas sobre el área foliar en plantas de <i>G. crinita</i> establecidas en Tulumayo.....	22
3.4.3. Análisis de datos.....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. Del efecto de la fertilización edáfica con guano de islas sobre la altura total, diámetro del fuste, el índice de robustez y el diámetro de copa en plantas de <i>G. crinita</i> establecidas en Tulumayo	24
4.1.1. Altura total de <i>G. crinita</i>	24
4.1.2. Diámetro del fuste de <i>G. crinita</i>	26
4.1.3. Índice de robustez de <i>G. crinita</i>	29
4.1.4. Diámetro de copa de <i>G. crinita</i>	31
4.2. Del efecto de la fertilización edáfica con guano de islas sobre el área foliar en plantas de <i>G. crinita</i> establecidas en Tulumayo.....	33
V. CONCLUSIONES	35
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	36
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
ANEXO.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Datos meteorológicos del periodo de ejecución de la tesis.	15
2. Características químicas de los suelos en la plantación de <i>G. crinita</i>	16
3. Características de las plantas de <i>G. crinita</i>	16
4. Esquema del ANVA para la contrastación de hipótesis en cada variable evaluada.	18
5. Estadísticos descriptivos de la atura total en <i>G. crinita</i> fertilizadas con guano de islas.	24
6. ANVA para el incremento de la atura total en <i>G. crinita</i> sometidas a dosis de guano de islas.	25
7. Comparación de medias del incremento de la atura total en <i>G. crinita</i> sometidas a dosis de guano de islas.	25
8. Estadísticos descriptivos del diámetro del fuste en <i>G. crinita</i> fertilizadas con guano de islas.	26
9. ANVA para el incremento del diámetro de fuste en <i>G. crinita</i> sometidas a dosis de guano de islas.	27
10. Comparación de medias del incremento de diámetro del fuste en <i>G. crinita</i> sometidas a dosis de guano de islas.	28
11. Estadísticos descriptivos del índice de robustez en <i>G. crinita</i> fertilizadas con guano de islas.	29
12. ANVA para la variación del índice de robustez en <i>G. crinita</i> sometidas a dosis de guano de islas.	30
13. Estadísticos descriptivos del diámetro de copa en <i>G. crinita</i> fertilizadas con guano de islas.	31
14. ANVA para la variación del diámetro de copa en <i>G. crinita</i> sometidas a dosis de guano de islas.	32
15. Comparación de medias del incremento de diámetro de copa en <i>G. crinita</i> sometidas a dosis de guano de islas.	32
16. Estadísticos descriptivos del área foliar en <i>G. crinita</i> fertilizadas con guano de islas.	33

17.	ANVA para el área foliar en <i>G. crinita</i> sometidas a dosis de guano de islas.....	34
18.	Operacionalización de las variables.	44
19.	Formato para la recolección de datos.	44
20.	Matriz de datos de <i>G. crinita</i> con un año de edad que fueron tratadas con dosis de guano de islas.	45
21.	Largo, ancho y área foliar de las hojas de <i>G, crinita</i> sometidas a dosis de guano de islas.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Distribución de los tratamientos en la parcela experimental.....	18
2.	Vista lateral de la fertilización en hoyos (Martínez, 2002).	20
3.	Comportamiento de la atura total en <i>G. crinita</i> fertilizadas con guano de islas.....	24
4.	Comportamiento del diámetro de fuste en <i>G. crinita</i> fertilizadas con guano de islas.	27
5.	Comportamiento del índice de robustez en <i>G. crinita</i> fertilizadas con guano de islas.	29
6.	Comportamiento del diámetro de copa en <i>G. crinita</i> fertilizadas con guano de islas.	31
7.	Área foliar en <i>G. crinita</i> fertilizadas con guano de islas.	33
8.	Composición del guano de islas utilizado en plantas de <i>G. crinita</i> en terreno definitivo.	48
9.	Plateo previo a la fertilización con guano de islas en plantas de <i>G. crinita</i> en terreno definitivo.	48
10.	Poda previa a la fertilización con guano de islas en plantas de <i>G. crinita</i> en terreno definitivo.	49
11.	Planta de <i>G. crinita</i> plateada y podada en terreno definitivo	49
12.	Apertura de hoyos previo a la fertilización con guano de islas en plantas de <i>G. crinita</i> en terreno definitivo	50
13.	Aplicación de dosis de guano de islas en plantas de <i>G. crinita</i> en terreno definitivo.	50
14.	Mediación del diámetro del tallo a las plantas de <i>G. crinita</i> en terreno definitivo.	51
15.	Parcela experimental de la plantación de <i>G. crinita</i> posterior a la limpieza.	51
16.	Pintado de la altura del fuste en plantas de <i>G. crinita</i> como referencia previa a la medición.	52
17.	Hojas colectadas de las plantas de <i>G. crinita</i> tratadas con guano de islas.	52

18.	Visita a la parcela experimental de <i>G. crinita</i> por parte de un miembro del jurado calificador.....	53
19.	Panel fotográfico en la parcela experimental con plantas de <i>G. crinita</i>	53
20.	Mapa de ubicación de la parcela experimental.	54

RESUMEN

En la presente tesis se consideró como objetivo demostrar el efecto de la fertilización edáfica con guano de islas sobre el crecimiento de *Guazuma crinita* (bolaina blanca) en una plantación en Tulumayo; el estudio se llevó cabo en una plantación con cuatro meses de establecido localizado en el distrito Pueblo Nuevo de la provincia de Leoncio Prado, departamento Huánuco; a dichas plantas se les aplicó dosis de guano de islas (0, 35, 70, 105 y 140 g) y se determinó las variaciones morfológicas registradas en un periodo de seis meses, las que se sometieron a un análisis de la varianza. Como resultado se encontró que, aplicar 140 g de guano de islas a las plantas favorece en mayor medida al incremento de la altura total, diámetro del fuste y el diámetro de copa con promedios de 369,83 cm, 6,45 cm y 237,79 cm respectivamente, caso de similitud en sus efectos se observó en la robustez y el área foliar de la especie en estudio. Se concluye que, las plantaciones de la especie en estudio tienen que requerimientos nutricionales de acuerdo al lugar donde se estableció y en el caso de encontrar deficiencia nutricional se puede optar por la fertilización orgánica.

Palabras clave: Altura, diámetro del fuste, robustez, área foliar, monocultivo.

ABSTRACT

In the present thesis, the objective was to demonstrate the effect of soil fertilization with island guano on the growth of *Guazuma crinita* (white bolaina) in a plantation in Tulumayo; The study was carried out in a four-month-old plantation located in the Pueblo Nuevo district of the Leoncio Prado province, Huánuco department; doses of island guano (0, 35, 70, 105 and 140 g) were applied to these plants and the morphological variations registered in a period of six months were determined, which were subjected to a variance analysis. As a result, it was found that applying 140 g of island guano to the plants favors to a greater extent the increase in total height, stem diameter and crown diameter with averages of 369.83 cm, 6.45 cm and 237.79 cm respectively, a case of similarity in their effects was observed in the robustness and the leaf area of the species under study. It is concluded that, the plantations of the species under study have nutritional requirements according to the place where it was established and in the case of finding nutritional deficiency, organic fertilization can be opted for.

Key words: Height, stem diameter, robustness, leaf area, monoculture.

I. INTRODUCCIÓN

En el país, las incorporaciones de vastas extensiones de suelos a los programas de reforestación demostraron la existencia de varios factores del ambiente que se caracterizan por incidir de manera determinante en los porcentajes de supervivencia de las plantaciones y también para que tienda a desarrollar posteriormente, lo que influencia de manera directa en la producción volumétrica de madera, así como también en obtener productos de calidad. Bajo condiciones locales, el recurso suelo viene a ser un factor del ambiente que registra variaciones importantes sobre las plantaciones forestales, de los cuales se puede considerar uno de los más prioritarios las propiedades químicas de las mismas.

En ese sentido, una de las especies de rápido crecimiento es la *Guazuma crinita* (bolaina blanca) el cual tiene demanda en el mercado por su bajo precio en comparación a otras especies forestales; ante esta situación, muchos agricultores establecen plantaciones a pequeña escala sin conocer muy bien las exigencias nutricionales de esta especie ya que si se le instala en un suelo carente de nutrientes limitará su crecimiento debido que es de suma importancia para no comprometer la producción de la madera en el futuro. Además, se viene fomentando el uso de abonos orgánicos con fines de garantizar el crecimiento y desarrollo de las especies forestales, ante ello surgen interrogantes como ¿Existirá efecto de la fertilización edáfica con guano de islas sobre el crecimiento *Guazuma crinita* (bolaina blanca) en una plantación establecida en el sector Tulumayo?

Asimismo, las plantaciones donde se emplean especies forestales que se caracterizan por la rapidez con las que crecen, tanto en el Perú como en otros países, están experimentando que se incorporen tecnologías novedosas, además de que hubo mejoría de las técnicas que favorecen aplicar una silvicultura de mayor intensidad respecto a los años anteriores, siempre con la finalidad de que se obtenga un incremento en la productividad. De lo expuesto, una las técnicas que resulta ser de mucha utilidad para que se mejore los valores de productividad para un determinado sitio viene a ser la aplicación de fertilizantes en el periodo de la precosecha. De acuerdo a las experiencias obtenidas en otros países concluyen que al aplicar fertilizantes a las especies forestales pocos años antes de realizar la actividad de la cosecha, se tienden a lograr notorios valores de incremento correspondiente al volumen de madera a cosechar.

En consecuencia, los resultados del presente estudio a nivel explicativo van a servir de línea base para futuras investigaciones sobre nutrición del suelo de las plantaciones forestales

y con ello se va poder tomar decisiones con la finalidad de fomentar nuevos proyectos con la finalidad abastecer de productos forestales con especies de rápido crecimiento para la población demandante de madera, ya que de acuerdo a Puerta et al. (2022) esta especie posee baja tasa de industrialización pero se observa un elevado potencial con fines de reactivar la economía del distrito Rupa Rupa como parte de una acción considerada después de la pandemia ocurrida enmarcada en una normativa favorable.

Finalmente, se contrastó la respuesta esperada con la ejecución del estudio de nivel explicativo considerada como hipótesis radicó en que “la fertilización edáfica con guano de islas presenta efectos significativos favorables sobre el crecimiento de las plantas de *Guazuma crinita* (bolaina blanca) establecidos en Tulumayo.

Objetivo general

- Demostrar el efecto de la fertilización edáfica con guano de islas sobre el crecimiento de *Guazuma crinita* (bolaina blanca) en una plantación en Tulumayo.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la fertilización edáfica con guano de islas sobre la altura total, diámetro del tallo, el índice de robustez y diámetro de copa en plantas de *Guazuma crinita* (bolaina blanca) establecidos en Tulumayo.
- Determinar el efecto de la fertilización edáfica con guano de islas sobre el área foliar en plantas de *Guazuma crinita* (bolaina blanca) establecidas en Tulumayo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Fertilización edáfica

Para que se establezcan y manejen las plantaciones forestales cuya finalidad sea su comercialización de la madera, es necesario contar con información básica con fines de que se identifiquen los lugares de mayor aptitud y se logren la finalidad de la producción que se proponen. Además, evaluar el sitio con fines de que se establezca una plantación forestal no solamente será de utilidad para que se estime la producción, sino que también permitirá elegir las técnicas de los manejos silviculturales idóneos al ritmo que crece la plantación. A esto se le añade que, va permitir que se identifiquen los diversos factores componentes (biológicos, edáficos y climáticos) que ponen un límite a la productividad y de esta manera se deciden las técnicas de mejora genética o del sistema edáfico con fines de que se crean plantaciones de mayor estabilidad y/o con fines de que se optimice la calidad de dicho medio (Bonelli y Schlatter, 1995).

La labor nutricional asignado a las plantas radica su inicio teniendo en consideración un enorme cuidado del sistema edáfico, el cual aporta fundamentalmente un volumen arraigable, y se le considera como un reservorio de nutrientes y agua (Toro, 1995).

Melo et al. (1995a) señalan que, para el manejo de su nutrición en un conjunto de árboles forestales se necesita que se cuantifiquen muchos flujos de nutrientes dentro del ecosistema. En una plantación establecida, la concentración de los nutrientes que existen en el sistema edáfico y la que es exportada en el momento del aprovechamiento forestal vienen a ser muy importantes al momento de definir el balance de nutrientes y en el caso de que se necesite aplicar los fertilizantes.

El análisis en espacio y tiempo correspondiente a las formas y fracción de los nutrientes del sistema edáfico va permitir que se cuantifique las reservas de nutrientes que podrían utilizarse cuando crezcan los árboles (Melo et al., 1995b). El contenido mineral existente en el sistema edáfico se divide respecto al tiempo, en reservas de corto, mediano y largo plazo, considerando como base la facilidad relativa de los minerales de que se liberen los nutrientes para la solución del suelo (Melo et al., 1995c).

Toro (1995) añade que, el manejo nutricional de una plantación no acaba al establecerse, sino que va continuar prosiguiendo la rotación por medio una aplicación

sistemática de esquemas de manejo, incluyendo varias combinaciones de labores silvícolas como el raleo, la poda, el control de malezas, el manejo de los residuos y la aplicación de fertilizantes. Dicho manejo tiene que culminar llevando a cabo una adecuada planificación referida al aprovechamiento, con fines de que se evite un deterioro no reversible del suelo, el cual es de suma importancia con fines de que se mantenga en periodos de prolongados la cantidad de madera producida de las demás plantaciones en dicho lugar.

Durante las primeras etapas de crecimiento de los árboles se requieren de mayor demanda nutricional, específicamente corresponde desde que se planta hasta que se llega a cerrar las copas y se caracteriza porque hay predominancia de que se formen los tejidos que producen la clorofila (Aparicio et al., 2001). Pero, el autor Toro (1995) recalca que, el manejo de la nutrición tiene que continuar abarcando la totalidad de la rotación. Ante ello, los fundamentos de la silvicultura consideran que se integre material mejorado con técnica de establecimiento, manejo (raleo y poda), aprovechamiento y uso de los residuos, cuya finalidad es que conserven o mejoren las propiedades fisicoquímicas del suelo (Aparicio et al., 2001).

López (2012) recomienda que, con fines de que se mantenga la fertilidad de un predio, se tiene que emplear los abonos orgánicos, siendo estos de muchos tipos, de los cuales se recomiendan en mayor medida debido a su elevado contenido nutricional al lombrihumus, los biofertilizantes, el caldo sulfocálcico y el bocashi. Además, recalca que la aplicación del abono se realiza alrededor de las plantas, distanciado mediante el cálculo donde se encuentran mayores cantidades de raíces, por lo general dicha distancia se encuentra en la proyección del perímetro de la copa del árbol respecto al suelo.

En un suelo ácido de Yurimaguas, Pérez (2017) recalca la importancia de la fertilización edáfica al reportar que a los tres años después del establecimiento de *Swietenia macrophylla* (caoba), los árboles fertilizados con NPK se caracterizaron por alcanzar superior crecimiento respecto a su longitud en comparación a las demás formas de manejos asignados, en donde el tratamiento considerado como testigo o plantación convencional que se caracterizaba por plantar a *S. macrophylla* y posteriormente abandonarla con fines de que crezca en paralelo al bosque secundario y los que se encontraban asociados a cultivos agrícolas donde no se aplicó fertilización, registraron menores dimensiones de longitud (2,49 y 3,6 m respectivamente), en comparación a las plantas que fueron fertilizadas que obtuvieron en promedio una longitud de 6,48 m. Además, añade que, las plantas de *S. macrophylla* fertilizadas poseen características resaltantes como mostrar mayor vigor en comparación a las demás plantas que no recibieron dosis de fertilizante alguno en el periodo de tiempo que perduró dicho estudio.

Al basarse en investigaciones correspondientes a la producción de biomasa y el uso de nutrientes, Barros y Novais (1996) llegaron a la conclusión de que la eficiencia en el uso de los nutrientes posee una dependencia muy fuerte con la edad de las plantas, la especie que se está utilizando, inclusive dentro de una misma especie, variando en base al clon establecido en terreno definitivo.

Las respuestas a la fertilización son diferentes teniendo en cuenta los sitios donde se estableció la plantación, la edad que presenta la plantación, la situación en la que se encontraba el rodal previo a la fertilización, las especies empleadas y los genotipos escogidos. Las interacciones entre el genotipo con el ambiente fueron tomadas en cuenta de manera muy amplia en el sector forestal. La cantidad de nutrientes disponibles viene a formar parte del componente ambiental, el cual tiende a interactuar con el genotipo utilizado, lo que genera respuestas adecuadas a una inversión en plantaciones forestales (Pozo, 2005).

2.1.2. Guano de islas

Utilizar materias orgánicas de origen animal como es el caso del guano de las islas, los diversos estiércoles procedentes del ganado vacuno, equino, porcino, ovino, caprino, animales menores como el conejo, las aves como las gallinas, entre otros, vienen a ser algunas alternativas al uso de los fertilizantes sintéticos, más aún basada en una economía de subsistencia, lo que tiende a permitir que se desarrolle una agricultura limpia y sustentable, que asegure la producción y la seguridad alimentaria, de la misma manera se garantiza el derecho de las familias locales sobre estos recursos que no poseen alguna limitación (Gomero y Velásquez, 1999).

El Ministerio de Agricultura (2014) define que, el guano de las islas es originada cuando se acumulan las deyecciones provenientes de las aves guaneras que vienen habitando en las diversas islas y puntas de la zona marítima del país. Las aves guaneras de mayor representación en la costa peruana es el *Phalacrocorax bouganivilli* (guanay), la *Sula variegata* (piquero) y el *Pelecanus thagus* (pelícano).

La utilización del abono orgánico guano de las islas se encuadra en la perspectiva de búsqueda del uso racional de los recursos productivos, al tener en cuenta que abonar de manera orgánica viene a constituir un método de suma importancia con fines de restituir y mantener la capacidad productiva del sistema edáfico (Ministerio de Agricultura, 2009).

El abono orgánico en mención se caracteriza por ser un fertilizante natural y completo, ecológico, biodegradable que poseen características de mejorar las características

fisicoquímicas y microbiológicas del sistema edáfico, se solubiliza en agua y posee características de sinergismo (puede suministrarse mezclando con otros fertilizantes). Dentro de su contenido nutricional, posee macronutrientes como el nitrógeno entre el 10% a 14%, el fósforo entre 10% a 12% y el potasio en proporción del 2% a 3%. Además, posee elementos secundarios como el calcio en un 8,0%, el magnesio en un 0,5% y el azufre en un 1,5%. Entre los microelementos que contiene se puede citar al hierro, el zinc, el cobre, el manganeso, el boro y el molibdeno que por lo general las concentraciones tienden a fluctuar entre los 20 a 320 ppm, razón por la cual lo consideran como uno de los fertilizantes orgánicos más completo a nivel mundial. Este fertilizante también puede aportar muchos microorganismos beneficiosos con la cual el suelo donde es aplicado podrá enriquecerse con dicha microflora, con la cual se incrementará la actividad microbiana de manera notoria, con la cual se le cataloga la propiedad de organismo vivo al sistema edáfico (Ministerio de Agricultura, 2014).

Para Suquilanda (2001), adicionar una enmienda orgánica como el compost, los residuos de cosechas, alguno de los estiércoles, los abonos verdes, entre otros, al sistema edáfico va contribuir a que las plantas crezcan debido a los efectos que dichas enmiendas generan hacia las propiedades fisicoquímicas y biológicas del sistema edáfico, esto ocurre a consecuencia de la materia orgánica que se caracteriza por provocar un incremento en la densidad poblacional de los microorganismos que poseen la función de realizar los procesos biológicos de suma importancia como es el caso de degradar la materia orgánica o que mineralicen los nutrientes.

Cuando se registra un incremento poblacional de los microorganismos se genera una competencia natural con los demás microorganismos que son patógenos para los cultivos con la cual impide que se desarrollen en el sistema edáfico. La aplicación de una enmienda orgánica también mejora las características del suelo, debido a que mejora la aireación, la capacidad de retener agua y promueve una mejor estructura del sistema edáfico. De manera general, el aporte dado por la acción de la enmienda orgánica hacia el suelo genera efecto positivo respecto a la disponibilidad de nutrientes que favorece al crecimiento del vegetal que se está produciendo (Suquilanda, 2001).

Para López (2012), la fórmula de fertilización para plantas agrícolas como el *Theobroma cacao* (cacao) donde se utiliza el guano de islas (11% de N, 3,0% de P₂O₅) se combina con la roca fosfórica, dicha mezcla es aplicada en los hoyos aperturados para que se instalen los plantones en terreno definitivo en dosis entre los 50 a 60 g por hoyo, mientras cuando la planta ya presenta un año de edad, la fertilización se realizará voleado a una

distancia que será entre las hileras de plantas y se las tapará utilizando la hojarasca y la dosis de aplicación tendrá que incrementarse entre los 80 a 100 g por cada planta en crecimiento.

2.1.3. Crecimiento de las plantas

El desarrollo de una planta es considerado como superior y abarca a los cambios que generalmente se encuentran bajo condición de los factores genéticos, dicho de otra manera, son los cambios no generados por accidentales y se caracterizan por ser irreversibles, ocurren en el ser vivo durante toda su vida, iniciando cuando se fecunda el óvulo, luego pasa por formarse un ser vivo maduro, luego envejece y finalmente muere (Neyoy, 2012).

El desarrollo viene dado por un conjunto de acontecimientos que favorecen a la progresiva elaboración del cuerpo del vegetal y las que la capacitan con fines de que pueda obtener su alimento, se reproduzca y se adapte de manera plena a su medio ambiente (Neyoy, 2012).

El desarrollo abarca dos fases importantes: el crecimiento y la diferenciación. Para el caso del crecimiento, abarcan los diversos cambios cuantificables que se muestran durante el desarrollo, caso contrario es la diferenciación que está enfocada a los diversos cambios cualitativos. Algunos autores consideran el término morfogénesis que por lo general es el sinónimo del desarrollo, razón por la cual, la morfogénesis o desarrollo se pudiera definir como todos los cambios graduales y progresivos referentes al tamaño (crecimiento), su estructura y las funciones que vienen realizando (diferenciación), los cuales hacen posible que se transforme el cigoto hacia obtener una planta completa. La definición expuesta puede aplicarse también al desarrollo de los órganos, tejidos e inclusive a las células (Neyoy, 2012).

El término **crecimiento** tiene que entenderse como un incremento de sus dimensiones de un organismo que no se puede revertir. A esta definición se encuentra involucrado el aumento de la masa celular que es irreversible, además de la formación de nueva estructura en la célula y en todas las partes de las plantas. El crecimiento se efectúa a través de acciones como el aumento en sus dimensiones celulares, así como mediante la división celular.

En el caso que un determinado organismo llegue a desarrollarse, tienden a ocurrir procesos de **diferenciación**; dicho de otra manera, las células que se formaron en el meristemo apical o en el cambium vascular, al principio se caracterizan por ser casi idénticas, pero de manera muy rápida se inicia su especialización. Además, una especie vegetal de manera entera tiende a diferenciarse muy gradualmente y se van formando su follaje, los tallos, el sistema de raíces y al final las flores para que luego fructifiquen (Neyoy, 2012).

Existen varios factores influyentes en el crecimiento de una planta, las cuales pueden ser la iluminación, el soporte mecánico, la temperatura, el aire y los nutrientes. A excepción de la luz del sol, el sistema edáfico es un agente de aprovisionamiento, en todo o en parte, de todos los factores mencionados. Conviene recordar que para que una planta crezca hay una dependencia de una combinación favorable de estos factores y que, en el caso de que cualquier de ellos esté desequilibrado respecto a los demás, hay la posibilidad de que se reduzca o llegue a impedir que crezcan las plantas (Bucmak y Brady, 1966).

Para Ignatieff y Page (1969), cuando las plantas son provistas de elementos como el nitrógeno, se observa que brotan pronto, tienden a adquirir abundante desarrollo del follaje y los tallos, a esto se le suma que las hojas posean una coloración de verde oscuro, a consecuencia de la existencia de abundante clorofila. Para una planta, el nitrógeno viene a ser un factor muy determinante de los rendimientos, siendo la base en la actividad de fertilización.

En el caso del fósforo, este elemento va participar en sus actividades funcionales de las plantas, ejerciendo doble función, como vehículo y como motor, principalmente durante la fotosíntesis. Otra de sus funciones es que, tiende a favorecer al desarrollo de las raíces al comienzo de la vegetación. El potasio viene a ser el único de los macronutrientes que no posee un rol estructural de las plantas; aunque hay un inconveniente como es que se tiene que utilizar en abundante cantidad con la finalidad de que se cumpla con las variadas funciones reguladoras, donde viene participando de manera activa, razón por el cual se las encuentra en mayores concentraciones en el tejido joven de una planta cuando se encuentra en constante crecimiento. Al combinarse con compuestos como el ácido fosfórico tiende a favorecer que se desarrolle el sistema radicular otorgando mayor rigidez al tejido (Ignatieff y Page, 1969).

2.1.4. Área foliar

La cantidad de luz solar que se intercepta a través de las hojas de los árboles viene a ser de suma importancia para que estos crezcan (Beadle et al., 1995) con la cual se incrementa la productividad y su dinamismo de un conjunto de árboles o rodales (Oliver y Larson, 1996). Autores como Perry (1994), Cherry et al. (1998) y Smethurst et al. (2003) señalan que, el índice de área foliar (IAF) se caracteriza por relacionar la extensión del follaje por una determinada unidad de superficie, además Perry (1994) lo considera como un indicador adecuado que mide la capacidad de la copa de un árbol que posee con fines de que absorba la radiación fotosintéticamente activa.

El área foliar presenta una alta relación con el grado de interceptar la luz, transpirar y la fotosíntesis neta en la copa, y tiende a variar acorde a las condiciones del ambiente donde se encuentra la plantación (Battaglia et al., 1998, Amponsah et al., 2005), en base a la edad que presentan los árboles (Jerez et al., 2005), de acuerdo a la temporada anual (Simioni et al., 2004) y demás cualidades que presentan (Rodríguez, 2002). Por lo expresado respecto del área foliar, su estimación es de suma importancia debido a que se pudiera emplear como herramienta de manejo con fines de que se monitoree y prediga la manera cómo crece una determinada plantación (Cherry et al., 2002), un atributo muy importante dentro de las acciones del manejo de plantaciones forestales que posean características como ser de crecimiento rápido.

Para Binkley (1993), al aplicar un fertilizante a una determinada planta y es notorio sus efectos positivos, se observan manifestaciones como la existencia de una mayor actividad de la fotosíntesis, debido a que existe una relación cercana del incremento de área foliar con el aumento de lo que crece el área basimétrica.

Experiencias como los publicados por Clair (1997) concluyen que, las especies forestales de *Eucalyptus globulus* y *E. grandis*, que presentan poca concentración del nitrógeno y el fósforo en las hojas, se encuentra directamente relacionada con la reducción del área foliar específica, las dimensiones de las hojas y también el crecimiento de dichos árboles. Además, Kriedemann y Cromer (1996) concuerdan con lo anterior al determinar que se va producir que el área foliar específica se incremente siempre y cuando exista más cantidades de nutrientes disponibles.

Para el caso de *E. globulus* registra mayores respuestas a la proximidad del óptimo nutricional, con lo cual produce mejor área foliar con la cual se incrementa la capacidad de fotosintetizar o mediante la acumulación del nitrógeno en el follaje (bajo la forma insoluble o también como nitratos). Además, el nitrógeno al acumularse en el follaje viene a ser una respuesta clara que permitirá que se incremente la tasa fotosintética por periodos cortos. Que se acumulen los nutrientes en los tejidos y que se redistribuyen los nutrientes en el vegetal vienen a ser procesos importantes en entender la respuesta del *Eucalyptus* a la fertilización (Pereira et al., 1996).

2.1.5. Diámetro de copa

El diámetro de la copa es una característica del árbol que viene a reflejar la dimensión del aparato fotosintético de dicho individuo que está directamente vinculado con su capacidad de crecimiento. El porcentaje de copa que es la relación entre el largo de copa y la

altura total del árbol se ha utilizado como indicador de la vitalidad de los árboles y como regresor en modelos del grado de competencia entre los individuos (Durlo, 2001).

La medición del diámetro de la copa de un determinado árbol está referida a obtener la medida del diámetro de su proyección sobre el plano horizontal, dicho de otra manera, se le mide los radios de proyección (Wabo, s.f.), las fases a tener en consideración radican en:

- Se tiene que definir el límite que alcanza la copa del árbol
- Se tiene que medir la distancia que se genera entre la línea vertical proyectada hasta el que se una al fuste del árbol
- Se tiene que adicionar el radio promedio del fuste que presenta el árbol.

2.1.6. Índice de robustez

El índice de robustez o esbeltez representa la relación generada entre las dimensiones de la altura total que presenta una planta expresada en centímetros con el valor registrado para el diámetro del tallo medido a nivel del cuello de la raíz empleando unidades en milímetros; esta variable se emplea con fines de conocer la capacidad que presenta una planta para que resista a los eventos de desecación a consecuencia del viento, de la capacidad de sobrevivir y de su potencial crecimiento cuando son establecidos en lugares secos, siendo su valor más de mayor consideración siempre y cuando sea inferior a seis. Un valor inferior indica una mejor calidad de la planta, individuos de mayor robustez, de no tan prolongada longitud y con diámetro del tallo muy gruesos, que son características adecuadas para que se establezcan en sitios que presentan limitaciones de humedad; en el caso de que se obtengan valores por encima de seis, representan individuos que presentan una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados (Prieto et al., 2009); describen individuos de mayor vulnerabilidad a los daños por vientos, sequías o también la presencia de heladas (Rodríguez, 2008).

2.1.7. Plantaciones forestales

Es un método de que se regenera de manera artificial a los árboles con un fin determinado, consiste en establecer los plantones forestales en terrenos deseados a repoblar, posterior a las etapas transcurridas por un plantón como son la germinación y crecimiento inicial durante la etapa de vivero. Se define como cultivar árboles forestales o rodales creados de manera artificial, pudiendo ser por medio de la siembra directa o a través de la plantación. Al referirse al término artificial se debe entender que hubo una intervención humana cuando

fue establecido mediante cualquier método utilizado, siempre que en dicha plantación se emplee material vegetativo que superó las etapas críticas correspondientes a la germinación y a los primeros estadios de crecimiento. La plantación viene a ser el establecimiento de una cubierta forestal en un determinado terreno mediante esta acción se estaría asegurando que sobreviva una densidad mínima de plantas por hectárea, que en definitiva tiene que originar un ecosistema boscoso (Mariscal et al., 2002).

De acuerdo a la normativa legal Ley N° 29763, denominada como la Ley Forestal y de Fauna Silvestre y también su respectivo reglamento con fines de que se Gestionen las Plantaciones Forestales y los Sistemas Agroforestales que fue admitido por el Decreto Supremo número 020-2015-MINAGRI, definen a las plantaciones forestales como ecosistemas forestales que son constituidos por medio de la intervención de las personas a través de la instalación donde empelan una o más especies forestales, ya sean de origen nativos o introducidos, cuya finalidad es la producción de madera o los productos forestales diferentes a la madera, en otras ocasiones lo establecen para protección de un determinado área, con fines de restauración ecológica, para la provisión de servicios ambientales o también sirvan para cualquier combinación de los anteriores propósitos indicados (MINAM 2015).

2.1.8. *Guazuma crinita* (bolaina blanca)

G. crinita viene a ser una especie forestal de la amazonía que se caracteriza porque presenta un crecimiento rápido, es muy abundante bajo condiciones naturales ya que hay reportes en claros que se originan en los bosques, posee poca tolerancia a la competencia y también tiene elevada capacidad para rebrotar una vez aprovechado (IIAP, 2009). A esta especie le aprecian por sus características de la madera ya que lo emplean en carpintería, para elaborar diversos utensilios y también son escogidos por algunos artesanos (Reynel et al., 2003), siendo registrados adicionalmente en la industria informal de viviendas pre-fabricadas, siendo un recurso que su demanda viene creciendo debido al incremento poblacional en distintas partes del país.

El árbol de *G. crinita* se caracteriza por presentar dimensiones entre los 25 a 80 cm de diámetro del fuste y desde 15 hasta 30 m correspondiente a su altura total, el fuste es de forma circular y no presentando la presencia de aletones. En el caso de la copa, su forma es plana o aparasolada y se ubican en el tercio superior. El color de la corteza externa del fuste es grisácea y negruzca además de presentar grietas y fisuras. En el caso de la corteza interna, poseen varias laminillas, siendo posible la obtención tiras alargadas; cuando un árbol presente un determinado diámetro del fuste, aparecen dos capas, la más externa de consistencia

fibroso-compacta y la más interna posee una consistencia fibrosa- laminar, ambas capas presentan una coloración crema, que cuando se oxida se torna a una coloración marrón oscuro posterior a unos segundos de exponerlas al aire, cuando se realiza un corte a la capa interna se observa que exudan un mucílago incoloro, dulceíno y escaso (Reynel et al., 2003).

Esta especie presenta el tipo de hoja simple, alterna y dística cuyas dimensiones son entre los 10 a 18 cm que corresponde a la longitud, y entre los 5 a 7 cm referida al ancho, siendo la longitud del peciolo entre los 1,5 a 2,0 cm, pulvinulado, la forma de las hojas es ovada, por lo general asimétrica, aserrada, la nerviación palmeada; en el caso de los nervios secundarios son prominulos en la parte del haz y el dorso, la parte apical es agudo y acuminado, la parte basal de la hoja es cardada, la hoja se encuentra cubierta de pubescencia de pelos estrellados y escamosos que se las encuentra mayormente en la totalidad del envés.

Las inflorescencias en forma de panículas axilares de unos 8 – 12 x 3 – 6 cm con muchas flores. Flores pequeñas, de 8 – 12 mm de longitud, hermafroditas, con cáliz y corola presentes, los pedicelos de 4 – 8 mm de longitud, el cáliz de 2-3 mm de longitud, la corola de 6- 12 mm de longitud, de color rosado, con cinco pétalos, cada uno de ellos en forma de cuchara y con dos largos apéndices en el extremo, el androceo formado por cinco columnas estaminales que portan en su extremo numerosas anteras, el gineceo con ovario súpero, ovoide, pequeño. Los frutos son cápsulas globosas de unos 4-8 mm de diámetro con la superficie densamente cubierta de pelos largos, de unos 3 – 4 cm de longitud (Reynel et al., 2003).

En sectores de la selva de la región Huánuco (Perú) se está aprovechando en parcelas de regeneración natural y en plantaciones forestales, constituyéndose en una actividad con relevancia económica. Sin embargo, en las plantaciones que se están instalando, se está utilizando, en el mejor de los casos, semillas de procedencia conocida pero no se tiene la certeza de su calidad genética y variabilidad en la descendencia (Ramos y Domínguez 2016).

2.2. Estado del arte

Silva (2007) afirma que, en el Centro de Investigación y Capacitación Granja Zootecnia- Tulumayo, estableció una parcela experimental en un suelo con pH 5,9 en donde utilizó tres tratamientos al establecer bolaina blanca, encontrando resultados de altura (media±EE) para el uso de NPK (100 g por planta de 20- 20-20 aplicados posterior a la plantación con la ayuda de un tacarpo en los cuatro vértices del hoyo) obtuvo valores de

29,94±1,47 cm a los dos meses de establecido, 60,89±2,39 cm a cuatro meses y 104,82±7,38 cm a los seis meses de establecido.

Además, al aplicar humus de lombriz (2000 g/planta aplicado el 50% en el fondo del hoyo previa mezcla con la tierra extraída y el restante se aplicó en la superficie del suelo) alcanzó alturas de 35,58±2,91 cm, 58,42±4,23 cm y 104,02±8,18 cm para los mismos periodos de medición, mientras que en las plantas consideradas como testigo registró valores de 32,28±3,08 cm, 44,45±2,74 cm y 70,56±3,52 cm de altura.

El autor añade que, en caso del diámetro que se registró a 10 cm sobre el suelo, al aplicar NPK (100 g 20-20-20) se obtuvo valores de 3,32±0,51 mm, 9,35±0,32 mm y 13,93±0,59 mm para los mismos periodos de medición; en caso de la aplicación de humus (2000 g) reportó valores de 4,25±0,52 mm, 8,98±0,90 mm y 15,38±1,86 mm respectivamente, y en caso de no utilizar fertilizante alguno obtuvieron valores de 3,33±0,44 mm, 6,07±0,44 mm y 9,29±0,78 mm respectivamente.

En el sector Tulumayo perteneciente al distrito Pueblo Nuevo, Fernández (2013) estableció una plantación de bolaina blanca en un suelo donde el pH presentaba variaciones entre 7,64 a 7,70 (ligeramente alcalino), al cabo de seis meses de establecido reportó que los arbolitos alcanzaron incrementos de alturas totales y diámetros del tallo a 15 cm sobre el suelo con valores de 1,76 m y 2,71 cm a un distanciamiento de establecido de 2,5 m x 2,5 m; 1,37 m de altura y 1,99 cm de diámetro cuando se establecieron a 3,0 m x 3,0 m; 1,44 m de altura y 2,23 cm de diámetro al establecer a 3,5 m x 3,5 m y finalmente 1,17 m de altura con 2,0 cm de diámetro cuando fueron establecidos a 4,0 m x 4,0 m.

Sánchez (1995) menciona que, en suelos de pastizales con elevado nivel de degradación evaluó la manera cómo responde la *G. crinita* a la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos durante el establecimiento. Consideró emplear como tratamientos a las plantas sin fertilización (T₁), el uso de humus de lombriz en dosis de 2 kg (T₂) y 4 kg como fertilización orgánica; además de la fertilización inorgánica mediante el uso de N, P₂O₅, K₂O en dosis de 150-50-50 kg/ha (T₄) y 225-75-75 kg/ha (T₅), las mismas que fueron establecidas bajo un Diseño completo al azar y las variables que fueron medidas abarcaron al crecimiento de la altura, crecimiento del diámetro y la vigorosidad de la planta. Como resultado se observa que, *G. crinita* respondió en mayor medida al uso del fertilizante inorgánico, con valores promedios de 126,31 cm en el T₄ y 129 cm en el T₅ al año de establecido, caso menos relevante mostraron los tratamientos T₁, T₂ y T₃ por alcanzar valores promedios para la altura de 75,8, 84,3 y 79,8 cm respectivamente, en el mismo período de estudio. Similares comportamientos se observaron para la variable diámetro del fuste.

Ara (1999) señala que, *G. crinita* es muy prometedor para usarse en la recuperación de suelos en sistemas silvopastoriles en Pucallpa, pero en campo abierto se observa un crecimiento inicial lento y elevada variabilidad en la vigorosidad de las plantas. Los silvicultores locales consideran el nivel nutricional del suelo afectan a *G. crinita* cuando se establece en campo definitivo. Emplearon tres plantaciones de la especie en estudio a los que se midió el diámetro del fuste a 30 cm del suelo, se realizó el muestreo de suelo entre los 0 a 10 cm de profundidad, los mismos que fueron analizadas el contenido de pH, MO, P disponible, y Ca, Mg, K y Al cambiables. El autor utilizó métodos de selección de modelos como el MAXR y STEPWISE en donde identificó al Ca, y muy posible el Al y P, son los componentes determinantes de la variabilidad de la altura en las plantas, pero posee bajo coeficiente de determinación (33,0%). De manera individual, el Ca muestra un efecto lineal y cuadrático. Pareciera que *G. crinita* necesita de un adecuado manejo del complejo de cambio de cationes para un establecimiento satisfactorio a los 12 meses posteriores a ser establecido.

Miranda (2018) menciona que, realizó un estudio titulado “Efecto de tres tipos de abono orgánico líquido (BIOL), en la etapa de desarrollo de *G. crinita* en Pucallpa-Perú” en donde concluyó que el uso de bioles elaborado con excreta de cuy afecta de manera significativa al crecimiento de las plantas de *G. crinita*, proseguido de bioles elaborados mediante estiércol vacuno y finalmente al emplear estiércol de porcino.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en una plantación de *G. crinita* con cuatro meses de edad de establecido y abarcaba un área de 1,5 hectáreas, ubicada dentro del terreno del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo la Divisoria y Puerto Súngaro (CIPTALD), de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), la cual se encuentra a la altura del km 490,4 considerando la carretera Fernando Belaunde Terry (Ministerio de transportes y comunicaciones [MTC], 2016) a una distancia aproximada de 28,0 km desde Tingo María.

3.1.1. Ubicación política

Políticamente pertenece al distrito Pueblo Nuevo en la provincia Leoncio Prado del departamento de Huánuco.

3.1.2. Zona de vida

La clasificación tomada en cuenta para las zonas de vida y el diagrama bioclimático (Holdridge, 1987), el distrito Pueblo Nuevo se ubica en la zona de vida bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (bmh-PST), mientras que, en base a las regiones naturales del Perú, de acuerdo a Javier Pulgar Vidal, se localiza en Selva Alta o Rupa Rupa.

3.1.3. Condiciones de clima

La precipitación promedio la zona asciende a 2 521,4 mm, temperatura máxima 30,1 °C, mínima 20,2 °C, media de 25,2 °C y la humedad relativa ambiental de 85,3% (Fernández, 2013); para el caso del periodo de ejecución de la tesis, que comprendió desde agosto del 2019 a febrero del 2020 (Tabla 1), la precipitación fue 1 944,50 mm y 25,79 °C de temperatura (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI], 2023).

Tabla 1. Datos meteorológicos del periodo de ejecución de la tesis.

Meses de ejecución	T° máx.	T° min.	T° media	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
Agosto 2019	31,74	18,52	25,13	79,79	28,10
Setiembre 2019	31,70	19,72	25,71	81,58	51,80
Octubre 2019	31,02	20,25	25,64	81,81	266,60
Noviembre 2019	31,82	21,14	26,48	81,83	183,30
Diciembre 2019	30,05	21,15	25,60	84,66	581,30
Enero 2020	30,79	21,73	26,26	83,66	534,80
Febrero 2020	30,07	21,39	25,73	86,07	298,60

Fuente: SENAMHI (2023).

3.1.4. Características de la parcela

Considerando como antecedentes de la plantación, se estableció en suelos con pH ligeramente alcalino (Fernández, 2013), mientras que considerando los criterios de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM, 2012), dicho sistema edáfico presentaba el nivel medio en el contenido de materia orgánica, nitrógeno nivel medio, nivel de fósforo alto en la repetición I y II, mientras que en la repetición II el nivel fue medio y en caso del nivel de potasio fue medio; cabe recalcar que la plantación del presente estudio se estableció en el mismo terreno del estudio llevado a cabo por Fernández, 2013 (Tabla 2).

Tabla 2. Características químicas de los suelos en la plantación de *G. crinita*.

Repetición	pH (1:1)	M. O. (%)	N (%)	P (ppm)	K ₂ O (kg/ha)	CIC
I	7,61	2,31	0,13	15,80	472,05	20,41
II	7,79	2,10	0,10	12,66	471,23	23,62
III	7,61	3,43	0,16	25,22	531,35	26,78

Resultados promedios obtenidos de ocho muestras de suelos por repetición (Fernández, 2013).

La edad de las plantas desde su establecimiento fue de cuatro meses, con la cual ya contenían características como 110,41 cm de altura total en promedio, el diámetro del tallo a 10 cm sobre el suelo fue de 1,47 cm con un índice de robustez del 8,87, además, el diámetro de copa fue de 64,60 cm (Tabla 3).

Tabla 3. Características de las plantas de *G. crinita*.

Dosis (g)	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Robustez	Diámetro de copa (cm)
0	67,38	0,82	8,43	31,75
35	113,43	1,72	7,88	67,40
70	109,71	1,52	7,85	69,33
105	106,97	1,40	8,04	61,68
140	154,58	1,87	8,87	92,83
Promedio	110,41	1,47	8,21	64,60

3.2. Materiales y equipos

La unidad de estudio fue una planta de *G. crinita* con una edad de cuatro meses de establecido; como insumos se consideró el uso del guano de las islas que fueron aplicados en diferentes proporciones a las plantas establecidas; en el caso de los materiales, se utilizó un formato de campo donde se anotó las mediciones realizadas de las variables consideradas en

el estudio (Tabla 16 del Anexo), un tablero, los útiles de oficina, el vernier, la wincha de 5 m y la cinta métrica de 30 m; en el caso de los equipos, se hizo uso del receptor GPS MAP 64s, brújula Suunto Kb 14, cámara fotográfica Sony WX800 y un computador portátil marca HP.

3.3. Generalidades de la investigación

3.3.1. Tipo de estudio

Considerando lo reportado por Ñaupas et al. (2014), el estudio corresponde al tipo básico, pura o también llamada fundamental, debido a que con los resultados que se obtuvieron generaron información que sirven de cimiento a la investigación aplicada o tecnológica.

3.3.2. Diseño de estudio

El diseño de investigación que se empleó fue de tipo experimental. (Hernández et al., 2014), específicamente pertenecía a los experimentos puros debido a que existió la manipulación deliberada de la variable independiente (guano de las islas).

3.3.3. Nivel de estudio

El estudio correspondía al nivel explicativo, ya que según Ñaupas et al. (2014) es el nivel más profundo, más complejo y más riguroso del estudio básico y su objetivo principal es la verificación de hipótesis causales o explicativas. Trabajan con hipótesis causales debido a que explican las causas de los hechos, fenómenos, eventos y procesos naturales o sociales.

3.3.4. Tratamiento en estudio

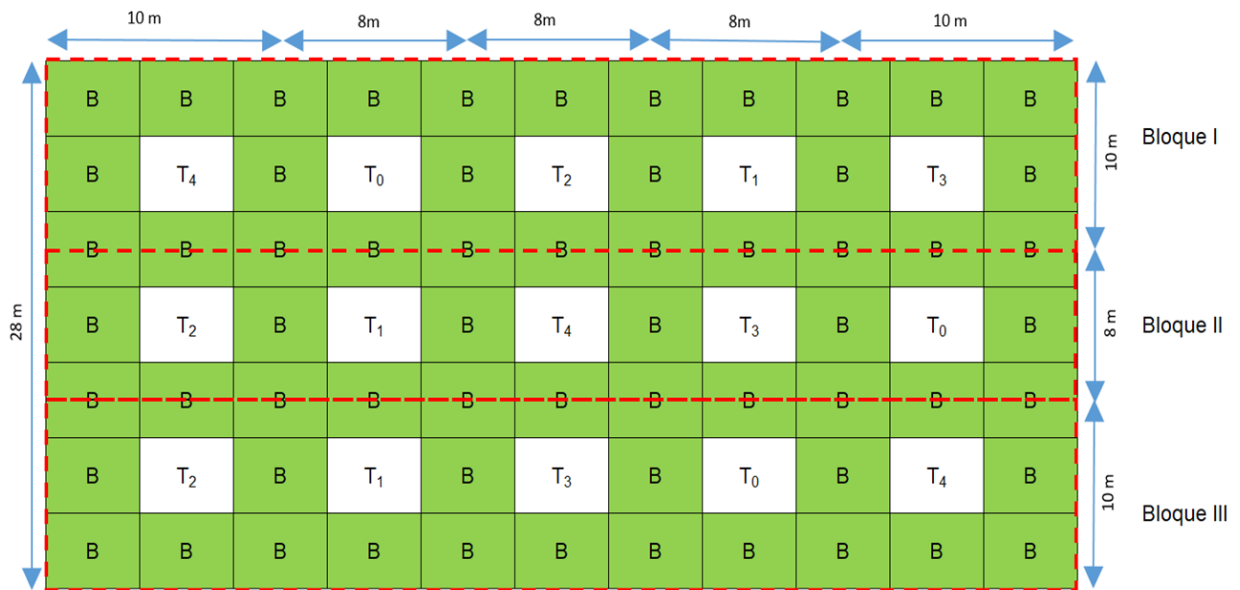
El estudio consideró un solo factor el cual estuvo constituido por el guano de las islas (Cueva, 2011), siendo sus niveles y/o tratamientos los siguientes:

- T₀ : Sin guano de islas.
- T₁ : 35 g de guano de islas por planta
- T₂ : 70 g de guano de islas por planta.
- T₃ : 105 g de guano de islas por planta.
- T₄ : 140 g de guano de islas por planta.

3.3.5. Diseño de la parcela experimental

La parcela experimental (Figura 1) estuvo representada por las siguientes características:

- Unidad experimental : 1 planta (Gutiérrez y de la Vara, 2008) de bolaina.
- Ancho de la parcela : 28 m.
- Largo de la parcela : 44 m.
- Área de la parcela : 1232 m².
- Cantidad de plantas a evaluar : 77 plantas.
- Total de unidad experimental : 15 UE



B: Bolaina blanca considerado como efecto de borde.

Figura 1. Distribución de los tratamientos en la parcela experimental.

3.3.6. Esquema del análisis de la varianza (ANVA)

Para la contrastaron de las hipótesis planteadas en el experimento fue necesario el uso del análisis de la varianza (Tabla 4).

Tabla 4. Esquema del ANVA para la contrastación de hipótesis en cada variable evaluada.

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloques establecidos	$r - 1 = 3 - 1 = 2$
Tratamientos (dosis de guano de islas)	$t - 1 = 5 - 1 = 4$
Error del experimento	$(r - 1) * (t - 1) = 2 * 4 = 8$
Total	$rt - 1 = 3 * 5 - 1 = 14$

r: número de bloques; t: número de tratamientos.

3.3.7. Modelo aditivo lineal

Los efectos de los tratamientos aplicados estuvieron expresados por la ecuación de la forma:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Siendo:

μ = Parámetro, efecto promedio

T_i = Parámetro, efecto del tratamiento i (Dosis de guano de islas)

β_j = Parámetro, efecto del bloque j

ϵ_{ij} = valor aleatorio, error experimental de la u.e. i, j .

Y_{ij} = Observación en la unidad experimental (De Mendiburu, s.d.)

3.4. Metodología

3.4.1. Para determinar el efecto de la fertilización edáfica con guano de islas sobre la altura total, diámetro del tallo, el índice de robustez y el diámetro de copa en plantas de *G. crinita* establecidas en Tulumayo

3.4.1.1. Planificación

Como primera actividad, se solicitó una autorización formal mediante documento físico y adjuntando copia de la resolución respectiva sobre la ejecución de la presente tesis; además, se realizó las coordinaciones referentes a la adquisición de los materiales y equipos con la finalidad de no tener inconvenientes en la ejecución de la tesis, una de las acciones fue la compra del abono y el préstamo de equipos como el GPS.

3.4.1.2. Labores en terreno definitivo

Como actividad inicial en campo definitivo se realizó la limpieza general de una parte de la plantación con dimensión aproximada de 1 350 m² (30 m de ancho y 45 m de largo), para ello se utilizó una desbrozadora con cuchilla tipo corvatina con el cual se cortó la vegetación existente a una altura aproximada entre dos a tres centímetros sobre el suelo, a ello se le sumó el uso de un machete con la finalidad de realizar un plateo de las plantas al ras del suelo con la finalidad de que no haya vegetación competitiva alrededor de la planta de bolaina blanca, además se le realizó la primera poda de las ramas laterales que se encontraban cercanas al suelo empleando para esta última actividad la tijera de mano para poda.

La delimitación de la parcela experimental se realizó empleando rafia color rojo, para ello se colocaron estacas con dimensiones de 50 cm de alto, dichas

estacas fueron preparadas de *Arundo donax* (cañabrava) por ser económicos y de fácil obtención al encontrarse alrededor de la parcela establecida. Una vez colocados las estacas, se amarró la rafia a una altura aproximada de 30 cm sobre el suelo delimitando todo el perímetro de la parcela experimental.

Añadiendo a las actividades en el párrafo anterior, se colocó codificaciones en cada unidad experimental basada en la distribución de la Figura 1, los códigos indicaron el bloque a la que pertenece y el tratamiento que al que fueron sometidos las plantas de *G. crinita*, además, en una esquina de la parcela experimental y con orientación hacia la carretera más cercana se colocó una gigantografía donde contenía información respecto al título del experimento, el nombre del tesista, el nombre del asesor y el periodo de ejecución de la presente tesis.

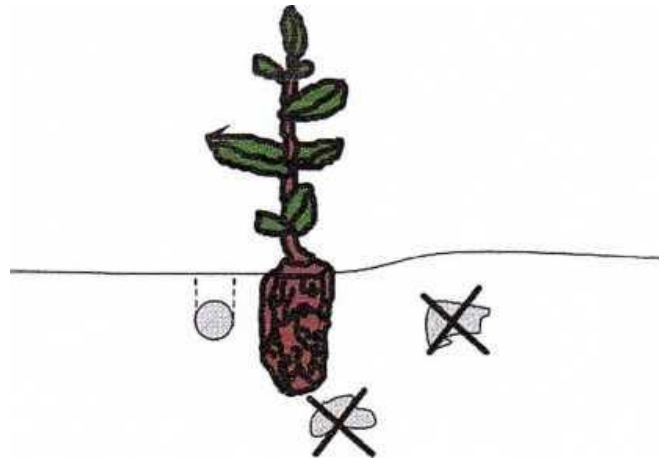


Figura 2. Vista lateral de la fertilización en hoyos (Martínez, 2002).

Los tratamientos concernientes a las dosis de: 0, 35, 70, 105, 140 g de guano de las islas, fueron aplicados a un distanciamiento entre 15 a 20 cm desde la base de la planta (Silva, 2007), para ello se contó con la ayuda de un tacarpo con la cual se realizó cuatro hoyos teniendo en consideración los puntos cardinales (Este, Oeste, Norte y Sur), dicho hoyo ha tenido una profundidad entre siete a ocho centímetros a la cual se le añadió la dosis de abono separado en cuatro partes muy similares.

3.4.1.3. Medición de las variables

Se consideró las mediciones cada dos meses por un periodo de seis meses con la finalidad de graficar el comportamiento del crecimiento tomando como referencia el periodo de evaluación considerado para la misma especie por el autor Silva (2007), y los indicadores a tomar en cuenta fueron:

- **Altura total**, medida desde la base de la planta hasta la yema terminal de la misma, esto se realizó mediante una wincha de 05 m y las unidades empleadas fueron en centímetros. Las mediciones se realizaron con facilidad en las primeras evaluaciones, luego se ha tenido cierto grado de dificultad debido a que las longitudes de las plantas se incrementaron, específicamente en la última evaluación que se realizó a los seis meses de iniciada el estudio, en este caso se ha tenido que estirar el inicio de la wincha hacia la parte apical de cada individuo y se tomaba la lectura hasta una altura aproximada de 120 cm sobre el suelo, luego se tuvo que medir desde el suelo hasta el punto de la primera medición, siendo sumada ambos datos para poder anotar la altura total de las plantas, aunque en algunas ocasiones todavía se encontraban individuos no tan altos a los que se les midió en una sola etapa colocando la wincha desde la base hasta la yema terminal.
- **Diámetro del tallo**, antes de la medición se le marcó el tallo de las plantas con pintura esmalte color anaranjado en un punto ubicado a una altura de 10 cm sobre el suelo, se tuvo que pintar solamente la mitad del perímetro del tallo con fines de que en cada evaluación ya no se esté midiendo de nuevo el punto a medir, ya que en dicho lugar se realizó la medición respectiva y para esto se utilizó un vernier mecánico con precisión a centésimas.
- **Robustez**, este indicador fue obtenido mediante la división entre la altura total y el diámetro del tallo, siendo la fórmula (Dominguez et al., 1997) lo siguiente:

$$IR = \text{Altura (cm)}/\text{Diámetro del tallo (mm)}$$

Las categorías de calidad que consideran para el índice de robustez para especies latifoliadas considera que en el caso de que el valor obtenido sea mayor o igual a 8,0 se le califica a una planta con calidad baja, si el valor fluctúa entre 7,9 hasta 6,0 la planta es catalogada como un individuo de calidad media y en el

caso de que el valor sea inferior a 6,0 dicho individuo posee el calificativo de calidad alta (Rueda-Sánchez et al., 2014).

- **Diámetro de copa**, la medición del diámetro de copa se realizó utilizando una wincha cuya capacidad fue una longitud máxima de cinco (05) metros, para las primeras mediciones se ubicó la wincha sobre la copa y se realizó mediciones teniendo en consideración las orientaciones cardinales, siendo la primera medida tomada en cuenta de Este a Oeste y una segunda medida de Norte a Sur, siendo registrados en la ficha de registro de datos, luego en el caso de las últimas mediciones realizadas posteriores a los seis meses de la aplicación del abono orgánico en donde las plantas ya presentaban altura sobresalientes, razón por la cual se ha tenido que medir el diámetro de copa en base a la proyección de los bordes de la copa con la superficie del suelo y tomando las medidas direccionándose con los puntos cardinales antes descritas (Wabo, s.f.). Para analizar los datos de ha tenido que promediar las dos mediciones del diámetro de copa con fines de obtener el valor más aproximado de esta variable.

3.4.2. Para determinar el efecto de la fertilización edáfica con guano de islas sobre el área foliar en plantas de *G. crinita* establecidas en Tulumayo

Para calcular el área foliar, se ha tenido que extraer 20 hojas (Álvarez et al., 2012) de las plantas ajenas a la parcela experimental, estas hojas tuvieron que estar maduras y se encontraban en la parte más cercana a la yema terminal, luego se generó un modelo matemático para emplearlas en las plantas del experimento con la finalidad de conocer el área foliar de manera indirecta.

Para elaborar el modelo alométrico correspondiente al área foliar, se ha tenido que considerar la relación entre el área foliar (como variable dependiente) y las dimensiones longitud – L y ancho – A (como variables independientes) se analizaron con varios modelos para seleccionar el de mejor ajuste en base al coeficiente de determinación (R^2) más cercano a la unidad (Álvarez et al., 2012).

El área foliar se obtuvo mediante la aplicación de una herramienta muy interesante para el procesado de imágenes denominada ImageJ cuyo link para su descarga

gratuita es: <https://imagej.nih.gov/ij/>; en donde fue necesario escanear las hojas adjuntando una escala correspondiente a un escalímetro para la obtención del área foliar mediante la aplicación del programa ImageJ.

Luego de obtener las áreas foliares de cada hoja, estas fueron sometidas a una correlación entre el largo y ancho con el área de cada hoja donde la hipótesis a contrastar correspondía a que: el largo y ancho de las hojas estuvieran correlacionadas con el área foliar, para esto fue necesario observar el p-valor registrado por el programa estadístico SPSS v. 27 no debió superar 0,05, posteriormente se sometieron a elaborar pruebas de regresiones lineales y curvilíneas para generar un modelo matemático adecuado del área foliar.

Una vez obtenida el mejor modelo solo se midió con un escalímetro la longitud y ancho de las hojas en las plantas de bolaina blanca que recibieron los tratamientos del experimento y fueron reemplazados en la fórmula encontrada anteriormente y así se alcanzó de manera indirecta registrar el área foliar en campo de la hoja más madura y cercana a la parte apical de las plantas de *G. crinita*.

3.4.3. Análisis de datos

Con las mediciones realizadas a los indicadores del crecimiento y el área foliar, se realizaron gráficas del comportamiento de dichos indicadores considerando el transcurso de cada 60 días, mientras que en caso de determinar la causalidad (efecto), se sometieron los valores de incrementos de cada indicador, siendo estos calculados mediante la diferencia entre la medición final (a seis meses) menos la medición inicial (primera medición). Para contrastar la hipótesis considerado en el estudio, se empleó el análisis de la varianza (ANVA) a un nivel de confiabilidad del 95,0% (error del 5,0% de error) y en caso de encontrar significancia estadística (p valor <0,05) se procedió a realizar la comparación de medias mediante la prueba de Duncan al 95% de confiabilidad.

Una vez analizados los datos, se interpretó los resultados y se plasmó en el informe final de la tesis para su posterior sustentación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Del efecto de la fertilización edáfica con guano de islas sobre la altura total, diámetro del fuste, el índice de robustez y el diámetro de copa en plantas de *G. crinita* establecidas en Tulumayo

4.1.1. Altura total de *G. crinita*

La altura total de las plantas de *G. crinita* incrementaron su valor respecto al tiempo transcurrido del estudio, registrando datos muy variables y también hubo bloques homogéneos en la primera medición (Tabla 5 y Figura 3).

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de la altura total en *G. crinita* fertilizadas con guano de islas.

Dosis (g)	N	4 meses		6 meses		8 meses		10 meses		Variación	
		Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)
0	3	67,38	16,36	156,08	9,13	195,42	9,57	248,50	8,57	181,13	8,33
35	3	113,43	73,06	202,92	45,81	299,69	25,38	403,92	16,36	306,28	12,62
70	3	109,71	51,55	200,71	31,80	315,92	18,22	431,08	13,32	321,38	0,27
105	3	106,97	8,222	211,81	10,91	321,67	9,68	440,17	5,63	333,19	6,15
140	3	154,58	18,21	255,58	14,88	391,17	11,36	524,42	6,22	369,83	1,27

N: bloques; CV: Coeficiente de variación.

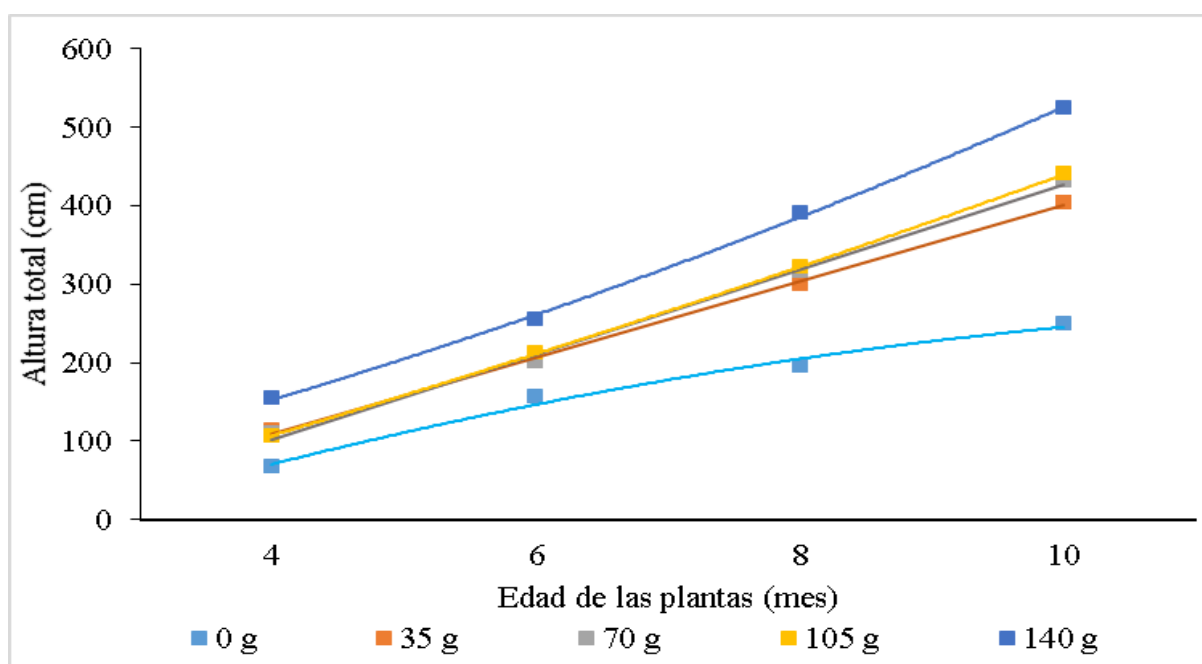


Figura 3. Comportamiento de la altura total en *G. crinita* fertilizadas con guano de islas.

En la contrastación de la hipótesis mediante el ANVA, se registra que los bloques establecidos no repercutieron de manera significativa sobre el incremento de la altura total, mientras que, en el caso de la aplicación de las dosis de guano de islas, se encontró que al menos una de las dosis repercutió de manera significativa sobre el incremento de la altura total (Tabla 6).

Tabla 6. ANVA para el incremento de la altura total en *G. crinita* sometidas a dosis de guano de islas.

Fuente de variación	Sc	GL	CM	Fc	p-valor
Bloque	971,463	2	485,732	1,157	0,362 ^{ns}
Dosis de guano de isla	61915,085	4	15478,771	36,878	<0,001**
Error experimental	3357,820	8	419,728		
Total	66064,058	14			

CV: 6,78%; ns: no significativo; **: Significativo al 99% de confiabilidad.

En el procedimiento de comparaciones de promedios mediante el test de Duncan, se determinó que las unidades de estudio se separaron en tres subconjuntos bien definidos, siendo que al emplear 140 g de guano de islas por cada planta de *G. crinita* el promedio del incremento de la altura total en un periodo semestral favoreció en obtener mayor valor de la variable mencionada, mientras que, en el caso de no aplicar guano de islas, se registraron plantas con menor incremento de la altura total (Tabla 7).

Tabla 7. Comparación de medias del incremento de la altura total en *G. crinita* sometidas a dosis de guano de islas.

Dosis (gramos)	N	Media (cm)	Subconjunto
140	3	369,83	a
105	3	333,19	ab
70	3	321,38	b
35	3	306,28	b
0	3	181,13	c

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Se registró efectos significativos por el uso de 140 g de guano de islas en las plantas de *G. crinita*, el cual ratifica la ventaja de aplicar esta práctica en esta especie, más aún cuando es un segundo periodo de plantación ya que anteriormente en dicha área hubo una

plantación de la misma especie que fue cosechada (Fernández, 2013), esto lo ratifican Melo et al. (1995a) al señalar que, cuando se realiza la cosecha de los árboles y se lleva las trozas a comercializar, ocurre una exportación de niveles nutrimentales que fueron acumulados por los árboles en el leño y es por eso que es una de las razones por las que se debe fertilizar ya que es un flujo de nutrientes en dicho ecosistema, aunque también recomienda su cuantificación el cual no fue reportada aun para la especie en estudio.

La ventaja del crecimiento de las plantas en base al aporte del guano de islas es un claro ejemplo de realizar esta práctica, ya que el IIAP (2009) describe a esta especie de rápido crecimiento y no tolera a la competencia; esto justifica la actividad de fertilizar ya que debido a que la plantación correspondía a un segundo ciclo de corta, los primeros árboles aprovecharon la mayor cantidad de nutrientes por su rápido crecimiento y al volverlo establecer la misma especie en el mismo lugar, se tiene que optar por labores que no limiten el crecimiento de las plantas a un ritmo adecuado.

Promedios superiores a los reportes de Silva (2007) se obtuvo en el incremento de la altura total, esto pudo atribuirse a que el autor mencionado llevó a cabo su estudio dosificando a las plantas con fertilizante inorgánico NPK y por lo general el efecto de dicho insumo no es muy prolongado en comparación al guano de islas.

4.1.2. Diámetro del fuste de *G. crinita*

Las plantas de *G. crinita* incrementaron su diámetro del fuste respecto al tiempo transcurrido del estudio, registrando valores muy variables y también hubo bloques homogéneos en la primera medición como es el caso del grupo conformado por las plantas fertilizadas con 70 g en donde el coeficiente de variación fue 64,26% (Tabla 8 y Figura 4).

Tabla 8. Estadísticos descriptivos del diámetro del fuste en *G. crinita* fertilizadas con guano de islas.

Dosis (g)	N	4 meses		6 meses		8 meses		10 meses		Variación	
		Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)
0	3	0,82	23,55	2,06	13,31	3,24	10,99	4,25	9,06	3,44	11,63
35	3	1,72	97,05	3,23	68,86	4,68	38,15	6,94	29,82	5,29	6,39
70	3	1,52	64,26	3,12	40,03	4,76	23,73	6,80	10,57	5,28	6,27
105	3	1,40	23,53	3,39	1,31	5,20	3,23	7,66	2,26	6,26	7,04
140	3	1,87	39,94	4,11	19,17	5,93	14,50	8,32	12,06	6,45	5,26

N: bloques; CV: Coeficiente de variación.

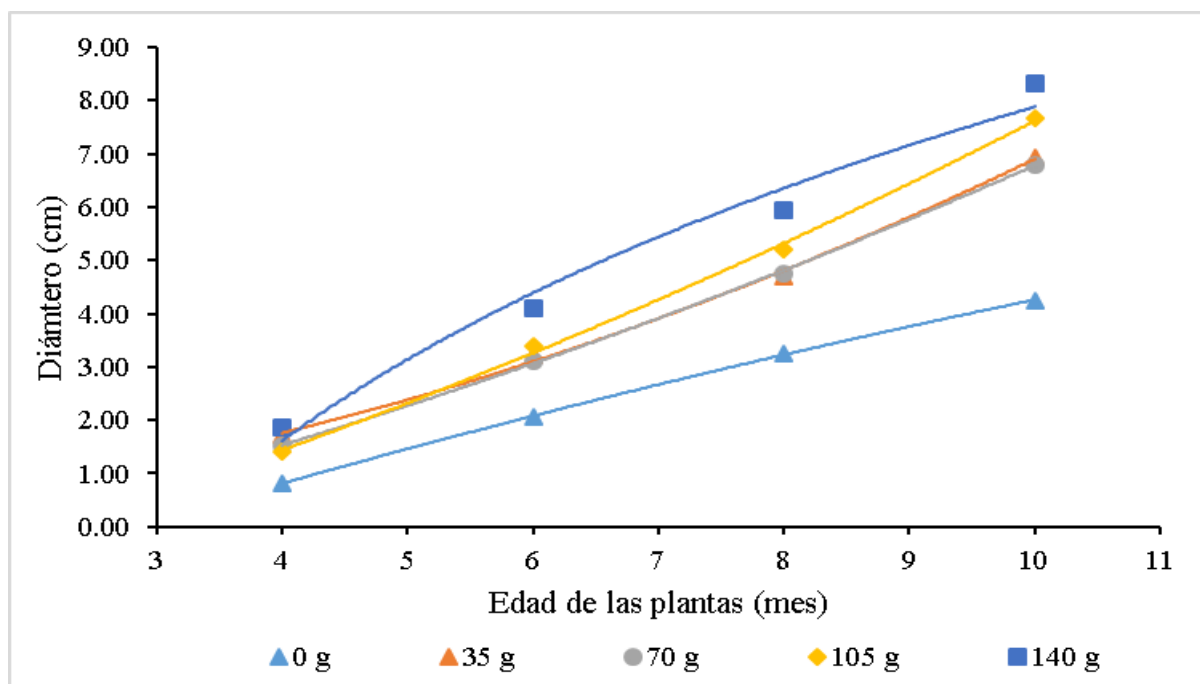


Figura 4. Comportamiento del diámetro de fuste en *G. crinita* fertilizadas con guano de islas.

En el contraste de hipótesis alcanzado mediante el uso del análisis de la varianza, se determinó que los bloques establecidos no repercutieron de manera significativa sobre el incremento del diámetro de fuste en las plantas de *G. crinita*; en el caso del tratamiento aplicado, se registra alta significancia estadística, con lo cual se concluye que al menos una dosis utilizada registró superioridad estadística respecto al incremento diametral del fuste (Tabla 9).

Tabla 9. ANVA para el incremento del diámetro de fuste en *G. crinita* sometidas a dosis de guano de islas.

Fuente de variación	Sc	GL	CM	Fc	p-valor
Bloque	0,265	2	0,132	0,944	0,428 ^{ns}
Dosis de guano de isla	16,762	4	4,191	29,881	<0,001**
Error experimental	1,122	8	0,140		
Total	18,535	14			

CV: 7,01%; ns: no significativo; **: Significativo al 99% de confiabilidad.

En el procedimiento de comparaciones de promedios mediante el test de Duncan, se determinó que las unidades de estudio se separaron en tres subconjuntos bien definidos, siendo que al emplear 140 g de guano de islas por cada planta de *G. crinita* el promedio del incremento diametral en un periodo semestral favoreció en obtener mayor valor

de la variable mencionada, mientras que, en el caso de no aplicar guano de islas, se registraron plantas con menor incremento del diámetro del fuste (Tabla 10).

Tabla 10. Comparación de medias del incremento de diámetro del fuste en *G. crinita* sometidas a dosis de guano de islas.

Dosis (gramos)	N	Media (cm)	Subconjunto
140	3	6,45	a
105	3	6,26	a
35	3	5,29	b
70	3	5,28	b
0	3	3,44	c

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Las diferencias estadísticas del uso del guano de islas en la plantación en estudio ratifica lo expresado por el Ministerio de Agricultura (2014) y Suquilanda (2001), debido que el dicho abono no solamente aporta nutrientes sino que también posee diversos microorganismos beneficiosos para que se enriquezca la microflora del sistema edáfico y esto ayuda a que se mejore también la actividad microbiana para que se acelere la descomposición de tallos y hojas secas que favorecen al ciclaje de nutrientes en dicha parcela.

La aplicación del guano de islas en dosis de 105 y 140 g resaltó sobre el incremento del diámetro del fuste (Tabla 8), sin embargo hubo dosis en donde los efectos fueron similares estadísticamente, esto posiblemente se deba a que en el periodo de ejecución de la tesis comprendida los meses desde agosto del año 2019 hasta febrero del año 2020 hubo presencia de precipitación, siendo superior el valor acumulado de lluvias en el mes de octubre con 266,60 mm (SENAMHI, 2023) el cual es muy perjudicial no solamente a la manera de asimilar los elementos nutricionales del guano de islas, sino que también un exceso de humedad edáfica no es muy adecuado en el crecimiento de la *G. crinita*.

El valor del diámetro de fuste en los primeros seis meses fue superior a lo que encontró Silva (2007) a pesar que utilizó 100 g de NPK en plantas de *G. crinita*, esta diferencia puede atribuirse al periodo que perdura un fertilizante inorgánico respecto a un orgánico o también a la época en la que aplicado dicho insumo, ya que una mala práctica de fertilización ocasionaría efectos contrarios a los reportados en el presente estudio. Otra de los factores que perjudica el comportamiento diametral es la densidad de plantación, lo que ratifica que cada arbolito establecido necesita su espacio adecuado para crecer.

4.1.3. Índice de robustez de *G. crinita*

Las plantas de *G. crinita* presentaron variaciones del índice de robustez respecto al tiempo transcurrido del estudio, registrando valores homogéneos y también hubo datos heterogéneos en la variación de dicha variable como es el caso del grupo conformado por las plantas fertilizadas con 70 g en donde el coeficiente de variación fue 65,81% (Tabla 11 y Figura 5).

Tabla 11. Estadísticos descriptivos del índice de robustez en *G. crinita* fertilizadas con guano de islas.

Dosis (g)	N	4 meses		6 meses		8 meses		10 meses		Variación	
		Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)
0 g	3	8,43	11,42	8,02	7,40	6,23	4,19	6,06	3,18	-2,37	45,84
35 g	3	7,88	15,42	7,46	17,62	6,72	14,71	6,01	9,15	-1,61	28,53
70 g	3	7,85	9,909	6,70	5,31	6,77	3,70	6,34	3,37	-1,51	65,81
105 g	3	8,04	9,141	6,48	12,95	6,37	8,11	5,79	6,56	-2,25	47,00
140 g	3	8,87	9,772	6,80	6,54	7,08	3,24	6,50	5,52	-2,37	25,43

N: bloques; CV: Coeficiente de variación.

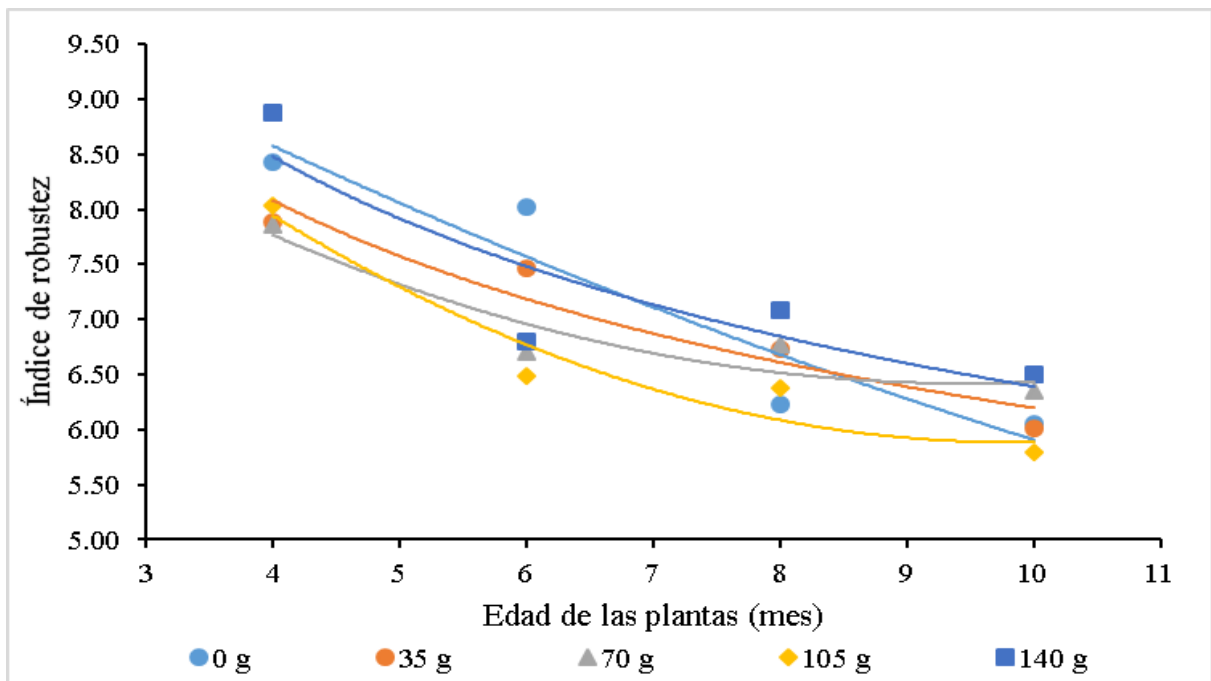


Figura 5. Comportamiento del índice de robustez en *G. crinita* fertilizadas con guano de islas.

En el contraste de hipótesis alcanzado mediante el uso del análisis de la varianza, se determinó que los bloques establecidos repercutieron de manera significativa

sobre el índice de robustez en las plantas de *G. crinita*; en el caso del tratamiento aplicado, se registra significancia estadística, con lo cual se concluye que al menos una dosis utilizada registró superioridad estadística significativa respecto al índice de robustez (Tabla 12).

Tabla 12. ANVA para la variación del índice de robustez en *G. crinita* sometidas a dosis de guano de islas.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	p-valor
Bloque	4,202	2	2,101	4,780	0,043*
Dosis de guano de isla	4,024	4	1,006	2,289	0,148 ^{ns}
Error experimental	3,516	8	0,439		
Total	9,911	14			

CV: 32,78%; ns: no significativo; *: Significativo al 95% de confiabilidad.

No se logró encontrar diferencias estadísticas en la robustez de los árboles, esto difiere al estudio de Pérez (2017) al fertilizar plantas de *S. macrophylla* y obtener individuos más vigorosos al ser fertilizadas en comparación a los que no recibieron abonamiento alguno, esta diferencia pudo atribuirse a parte del fertilizante a la morfometría de cada especie debido a que las plantas de *G. crinita* por presentar copa de menor diámetro y su diámetro de fuste es menor, son establecidas a menor distanciamiento, mientras que *S. macrophylla* poseen características como copas más anchas y se establecen en distanciamientos más grandes con la cual se garantiza el crecimiento del diámetro del fuste respecto a la altura total.

De manera general, todos los tratamientos presentaron individuos robustos (Tabla 11 y Figura 5), esto se debe a que el espacio de las plantas establecidas fue de cada cuatro metros y la copa de los arbolitos crecieron con normalidad, se expandieron debido a que no hubo interferencia de otras especies vegetales aledañas, esto lo corrobora Fernández (2013) al establecer plantaciones a diferentes edades, encontrando que las plantas crecieron de manera similar en la altitud, pero hubo diferencias en los promedios del diámetro de fuste que fue favorecida por el mayor espaciamiento, esto es lo que ocurrió en la presente investigación, ya que aún no se encontraban en competencia la copa de los árboles y las plantas se encontraban muy robustas.

La especie en estudio necesita ser manejada bajo fertilización inicial debido a que hay deficiencias de nutrientes ocasionadas por la primera cosecha y le urge suplir sus necesidades ya que posee un rápido crecimiento, esto es un poco contradictorio al reporte de Ara (1999) quien indica que esta especie recupera suelos, pero necesita fertilización.

4.1.4. Diámetro de copa de *G. crinita*

Las plantas de *G. crinita* incrementaron su diámetro de copa respecto al tiempo transcurrido del presente estudio, registrando valores muy variables y también hubo bloques heterogéneos en la primera medición como es el caso del grupo conformado por las plantas fertilizadas con 70 g en donde el coeficiente de variación fue 92,08% (Tabla 13 y Figura 6).

Tabla 13. Estadísticos descriptivos del diámetro de copa en *G. crinita* fertilizadas con guano de islas.

Dosis (g)	N	4 meses		6 meses		8 meses		10 meses		Variación	
		Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)
0 g	3	31,75	15,88	101,79	6,84	127,33	15,13	164,88	19,49	133,13	20,39
35 g	3	67,40	94,1	126,88	52,96	197,35	28,31	233,94	21,15	178,00	16,02
70 g	3	69,33	92,8	154,63	37,20	241,21	18,15	274,38	18,52	205,04	7,05
105 g	3	61,68	23,91	155,68	8,59	236,82	12,13	299,47	11,10	237,79	19,80
140 g	3	92,83	30,72	181,92	24,23	265,63	13,17	308,21	16,89	215,38	12,03

N: bloques; CV: Coeficiente de variación.

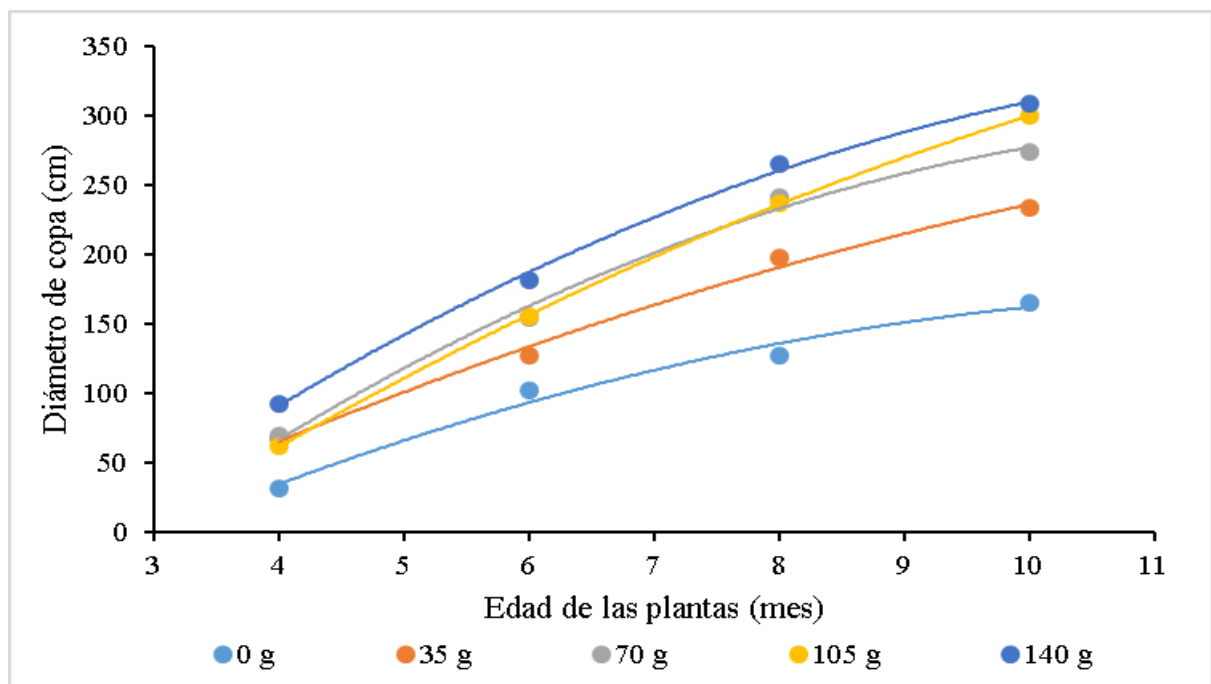


Figura 6. Comportamiento del diámetro de copa en *G. crinita* fertilizadas con guano de islas.

En el contraste de hipótesis alcanzado mediante el uso del análisis de la varianza, se determinó que los bloques establecidos no repercutieron de manera significativa sobre el diámetro de copa en las plantas de *G. crinita*; en el caso del tratamiento aplicado, se

registra significancia estadística, con lo cual se concluye que al menos una dosis utilizada registró superioridad estadística respecto al diámetro de copa (Tabla 14).

Tabla 14. ANVA para la variación del diámetro de copa en *G. crinita* sometidas a dosis de guano de islas.

Fuente de variación	Sc	GL	CM	Fc	p-valor
Bloque	2249,048	2	1124,524	1,277	0,330 ^{ns}
Dosis de guano de isla	17958,534	4	4489,633	5,098	0,024*
Error experimental	7045,691	8	880,711		
Total	28669,327	14			

CV: 15,31%; ns: no significativo; *: Significativo al 95% de confiabilidad.

En el procedimiento de comparaciones de promedios mediante el test de Duncan, se determinó que las unidades de estudio se separaron en tres subconjuntos, siendo que al emplear 105 g de guano de islas por cada planta de *G. crinita* el promedio del incremento del diámetro de copa en un periodo semestral favoreció en obtener mayor valor de la variable mencionada, mientras que, en el caso de no aplicar guano de islas, se registraron plantas con menor incremento del diámetro de copa (Tabla 15).

Tabla 15. Comparación de medias del incremento de diámetro de copa en *G. crinita* sometidas a dosis de guano de islas.

Dosis de guano de islas (g)	N	Promedio (cm)	Subconjunto
105	3	237,79	a
140	3	215,38	ab
70	3	205,04	ab
35	3	178,00	bc
0	3	133,13	c

Hubo situaciones en donde el diámetro de la copa de las plantas en diferentes tratamientos tuvieron similares valores estadísticos, esto se observó en la aplicación de las dosis de 70 g y 140 g, comportamiento que pudo estar influenciados por la presencia de algunos daños en la parte apical tanto de la yema principal como de las ramas laterales, esto es concordante con lo que expresaron los autores Bonelli y Schlatter (1995) en donde señalan que entre los distintos factores involucrados a la producción forestal se encuentran los componentes biológicos que involucran a los insectos plagas.

Con la aplicación del guano de islas se reportó incremento del diámetro de copa, que es un atributo de la planta para conocer su estado, entre los elementos que contiene el abono utilizado se tiene al nitrógeno en un 8,0% el cual se toma como referencia para el comportamiento de las hojas, siendo para Ignatieff y Page (1969) que, a una planta que se le provea nitrógeno, presentará brotamiento, desarrollo de hojas, tallos y con color verde oscuro.

4.2. Del efecto de la fertilización edáfica con guano de islas sobre el área foliar en plantas de *G. crinita* establecidas en Tulumayo

Las plantas de *G. crinita* registraron área de sus hojas variables debido a que la amplitud entre el valor mínimo y máximo fue amplia, esto lo corrobora el grupo que registró como tratamiento al uso de 70 g de guano de isla por planta de *G. crinita* en donde el coeficiente de variación fue de 30,32% (Tabla 16 y Figura 7).

Tabla 16. Estadísticos descriptivos del área foliar en *G. crinita* fertilizadas con guano de islas.

Guano de islas (g)	N	Media (cm ²)	DE	Mínimo	Máximo	CV (%)
0	3	214,11	54,31	165,52	272,74	25,37
35	3	231,84	40,57	188,98	269,64	17,50
70	3	209,16	63,42	155,90	279,32	30,32
105	3	185,86	26,13	158,49	210,55	14,06
140	3	186,25	33,34	148,57	211,94	17,90

N: bloques; CV: Coeficiente de variación.

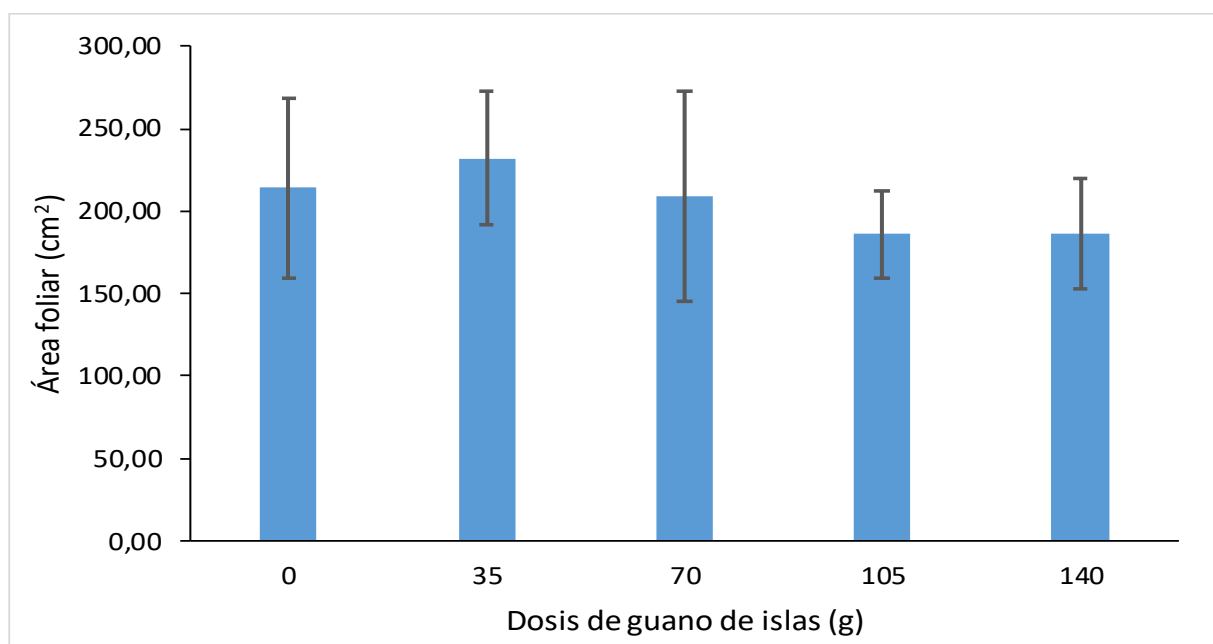


Figura 7. Área foliar en *G. crinita* fertilizadas con guano de islas.

En el contraste de hipótesis alcanzado mediante el uso del análisis de la varianza, se determinó que los bloques establecidos no repercutieron de manera significativa sobre el área foliar en las plantas de *G. crinita*; en el caso del tratamiento aplicado, se carece de significancia estadística, con lo cual se concluye que ninguna dosis registró superioridad estadística respecto al área foliar (Tabla 17).

Tabla 17. ANVA para el área foliar en *G. crinita* sometidas a dosis de guano de islas.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-Valor
Bloque	4148,725	2	2074,363	0,995	0,411 ^{ns}
Tratamiento	4612,548	4	1153,137	0,553	0,703 ^{ns}
Error	16675,970	8	2084,496		
Total	25437,244	14			

CV(%): 22,22%, ns: No significativo.

Uno de los factores que pudo visibilizarse en la ausencia de significancia estadística sobre el área foliar (Tablas 16 y 17) es que las aplicaciones de los tratamientos solamente se realizaron al inicio del experimento y el efecto sobre las hojas pudieron haberse observado durante el primer mes transcurrido la fertilización, esto debido a que las hojas poseen periodos cortos de vida y luego caen al suelo y cuando se tomó las mediciones de las hojas al final del experimento, solamente se registró hojas de dimensiones similares debido a que el efecto del abono ya no existía, esto es concordante a lo que expresan Aparicio et al. (2001) que si bien la nutrición de los árboles en las primeras etapas sean importantes, no indica que se deje de fertilizarlas cuando ya están de un tamaño mayor como lo recomienda Toro (1995), resaltando que el manejo nutricional debe de seguir continuando.

A pesar de no reportarse diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados, determinar el área foliar de la especie en estudio sirve de mucho la información debido a que conocer el valor del área foliar fortalecerá para el monitoreo de las plantaciones que posean crecimiento rápido (Cherry et al., 2002) y la *G. crinita* no es la excepción ya que su ciclo de corta por lo general bordea los seis años posteriores al establecimiento. La ausencia de efecto se contradice a la expresión de Binkley (1993), quien señala que, en el caso de existir efectos favorables de la fertilización, la planta va mostrar mayor tasa fotosintética, además, considera que el crecimiento del área basal está correlacionado de manera directa con el incremento del área foliar, no encontrando dicha correlación en el presente estudio.

V. CONCLUSIONES

1. El uso de diferentes dosis de guano de islas favorece en la variación de algunas características morfológicas de *G. crinita* establecidas en terreno definitivo.
2. Emplear dosis de 140 g de guano de islas en plantas de *G. crinita* con una edad de cuatro meses de establecido repercuten de manera significativa sobre las características de altura total, diámetro del fuste y el diámetro de copa con valores de incrementos 369,83 cm, 6,45 cm y 237,79 cm respectivamente; en el caso de la robustez, no se registró significancia estadística frente a los tratamientos utilizados en la presente investigación.
3. El área foliar de *G. crinita* no fue afectada de manera significativa por la aplicación de dosis del guano de islas.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Realizar estudios donde se puedan estimar la cantidad de nutrientes que extrae un árbol de *G. crinita* hasta su edad de aprovechamiento que por lo general es de seis años, esto con la finalidad de poder adicionar al cálculo del requerimiento nutricional y con el tiempo se elabore una formulación de requerimiento nutricional para la especie en estudio.
2. Considerar en estudios posteriores de fertilización factores como el tipo de suelo, la edad de las especies forestales, las condiciones de clima y las labores silvícolas que también contribuyen al aporte de nutrientes a una plantación forestal con la cual se genere información específica y se garantice la producción de madera.
3. Considerar en otros estudios la inclusión de otros factores que cumplan funciones nutrimentales como la combinación del uso de guano de isla combinado con la roca fosfórica debido a que hay experiencias en otros cultivos sobre los beneficios que presentan las plantas fertilizadas.
4. En estudios similares donde se cuentan con plantaciones de la especie en estudio, se deben tener en consideración a factores ambientales como la época del año (seca o lluviosa) en donde se realizaría la aplicación de fertilizantes con fines de conocer la influencia sobre dicha actividad.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, Y., Álvarez, E., Cano, J., y Suescún, D. (2012). Modelo matemático para estimar área foliar en árboles del bosque tropical seco en el Caribe colombiano. *Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 7(1), 69-79. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4866003>
- Amponsah, I., Comeau, P., Brockley, R., y Lieffers, V. (2005). Effects of repeated fertilization on needle longevity, foliar nutrition, effective leaf area index, and growth characteristics of lodgepole pine in interior British Columbia, Cañada. *Can. J. For. Res.*, 35, 440-451.
- Aparicio, J., Gerding, V., Schlatter, J., y Grez, R. (2001). Dinámica de elementos nutritivos en la biomasa de *Eucalyptus nitens* al cuarto año de crecimiento, en un suelo rojo arcilloso del sur de Chile, In: *Simposio IUFRO, Desarrollando el eucalipto del futuro, Valdivia, Chile*. 12 p.
- Ara, M. (1999). Vigor de establecimiento de bolaina (*Guazuma crinita*) en relación a la fertilidad del suelo en Pucallpa. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 10(1), 63-70.
- Barros, N. F., y Novais, R. F. (1996). Eucalypt Nutrition and Fertilizar Regimes in Brazil, In: *Nutrition of Eucalyptus*, p, 335-355, CSIRO Publishing, Collingwood, Australia,
- Battaglia, M., Cherry, M. L., Beadle, C. L., Sands, P. J., y Hingston, A. (1998). Prediction of leaf area index in eucalypt plantations: effects of water stress and temperature. *Tree Physiology*, 18, 521-528.
- Beadle, C. L., Honeysett, J. L., Turnbull, C., y White, D. (1995). *Site limits to achieving genetic potential*. In Potts B, N Borralho, J Reid, R Cromer, W Tibbits, C Raymond eds, *Eucalypt Plantations: Improving Fibre Yield and Quality*, Proceedings CRC Températe Hardwood Forestry - IUFRO Conference, 19-24 Feb 1995, Hobart, Australia. p. 325-331.
- Binkley, D. (1993). *Nutrición Forestal. Prácticas de manejo*. Limusa.
- Bonelli, C., y Schlatter, J. (1995). Caracterización de suelos rojo arcillosos de la zona centro sur de Chile. In: *Simposio IUFRO. Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales, Valdivia, Chile*. p. 39-60.
- Bucckman, H., y Brady, N. (1966). *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Montaner y Simón.

- Cherry, M., Hingston, A., Battaglia, M., y Beadle, C. (1998). Calibrating the LI-COR LAI-2000 for estimating leaf area index in eucalypt plantations. *Tasforests*, 10, 75-82.
- Cherry, M., Macfarlane, C., Smethurst, P., y Beadle, C. (2002). *Visual guide to leaf area index of Eucalypt plantations*, Hobart, Australia. Cooperative Research Centre for Sustainable Production Forestry. 24 p.
- Clair, P. (1997). *Responses of Eucalyptus globulus spp, globulus and E, grandis to salinity and waterlogging* [Tesis Doctoral, Australian National University]. Repositorio institucional ANU. <https://openresearch-repository.anu.edu.au/handle/1885/145385>
- Cueva, F. M. (2011). *Crecimiento de Guazuma crinita C, Martius (bolaina blanca) bajo efectos de mezcla entre fertilizante de fuente inorgánica y orgánica en Tingo María* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/548/T.FRS-148.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De Mendiburu, F. (s.d.). *Métodos estadísticos para la investigación I; Capítulo IV: Diseño de Bloques Completos Aleatorizados (DBCA)*. UNALM. <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~fmendiburu/index-filer/academic/metodos1.htm>
- Dominguez, S., Herrero, N., Carrasco, I., Ocaña, L., y Peñuelas, J. (1997). Ensayo de diferentes tipos de contenedores para *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *P. pinaster* y *P. pinea*: resultados de vivero. En: *Actas II Congreso Forestal Español*, pp. 189-194.
- Durlo, M. A. (2001). Relações morfológicas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. *Ciência Florestal*, 11(1), 141-149.
- Fernández, L. E. (2013). *Comportamiento silvicultural de bolaina blanca (Guazuma crinita C, Martius) a diferentes densidades en campo definitivo en el distrito de Aucayacu* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Gomero, L., y Velásquez, H. (1999). *Manejo ecológico de suelos: Conceptos, experiencias y técnicas*. Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/manejo-ecol-suelo-raaa.pdf>
- Gutiérrez, H., y de la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (2 ed). Mc GrawHill. http://gc.initelabs.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed). McGRAW-HILL/ Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Holdridge, L. R. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. Reimpresión. Agroamerica.
- Ignatieff, V., y Page, H. (1969). *El uso eficaz de los fertilizantes*. FAO.

- Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana [IIAP]. (2009), Evaluación económica de parcelas de regeneración natural y plantaciones de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) en el Departamento de Ucayali, Iquitos, Perú, 54 p, (Avances económicos N° 11).
- Jerez, M., Dean, T., Cao, Q., y Roberts, S. (2005). Describing leaf area distribution in Loblolly Pine trees with Johnson's SB function. *Forest Science*, 51(2), 93-101.
- Kriedeman, P. E., y Cromer, R. N. (1996). The Nutricional Physiology of the Eucalypts - Nutrition and Growth, In: *Nutrition of Eucalyptus*. p. 109-121, CSIRO Publishing, Collingwood, Australia,
- López, A. (2012). *Asistencia técnica dirigida en manejo de poda y fertilización en el cultivo de cacao*. Guía técnica. Yanacanja - Tingo María, Perú. UNALM. AGROBANCO.
- Mariscal, E., Martínez, R., y Takano, K. (2002). *Manual de manejo de bosques naturales, Proyecto de desarrollo técnico de la conservación de los bosques*. ANAM – JICA.
- Martínez, I. (2002). Curso de fertilización forestal. *Euskadi Basogintza*, 62, 38-41. https://basoa.org/dmdocuments/EuskadiForestal_62.compressed.pdf
- Melo, V., Da Costa, L., De Barros, N., Ferreira, M., y Ferreira, R. (1995c). Caracterización mineralógica del suelo y su relación con la reserva mineral en parcelas con *Eucalyptus saligna*, en Río Grande do Sul, Brasil. In: Simposio IUFRO. *Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales*. Valdivia, Chile. p. 71-77.
- Melo, V., De Barros, N., Da Costa, L., Ferreira, R., y Ferreira, M. (1995b). Formas de K y de Mg en suelos de Río Grande do Sul, Brasil, y su relación con el contenido en la planta y con la producción en parcelas con *Eucalyptus saligna*. In: *Simposio IUFRO. Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales*. Valdivia, Chile. P. 82-87.
- Melo, V., Ferreira, R., De Barros, N., Ferreira, M., y Da Costa, L. (1995a). Balance nutricional, eficiencia de utilización y evaluación de la fertilidad del suelo en P, K, Ca y Mg, en parcelas con *Eucalyptus saligna*, en Río Grande do Sul, Brasil. In: *Simposio IUFRO. Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales*. Valdivia, Chile. p. 181-184.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. (2009). Información técnica del guano de las islas. Agrorural.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. (2014). *Guano de las islas; Mejorando tu suelo, mejoras tu cosecha*. Agrorural. <http://siea.minaq.qob.pe/siea/sites/default/files/SEPARATA-G12.pdf>.
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2015). *Ley Forestal y de Fauna Silvestre. Ley N° 29763*. Lima, Perú. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29763.pdf>

- Ministerio de transportes y comunicaciones [MTC]. (2016). *Actualización de información vial carretera longitudinal de la selva norte*. MTC. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/Mapas%20RVN/PE-5N%20Mayo%202016%20\(Versión%20Final\).pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/Mapas%20RVN/PE-5N%20Mayo%202016%20(Versión%20Final).pdf)
- Miranda, E. (2018). Efecto de tres tipos de abono orgánico líquido (biol), en la etapa de desarrollo en vivero de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C, Martius) en Pucallpa Perú. *Revista Científica Institucional TZHOECOEN*, 10(3), 371-382. <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/tzh/article/view/855/731>.
- Neyoy, C. (2012). *Apuntes de fisiología vegetal. Crecimiento y desarrollo vegetal*. <http://fisiolvegetal.blogspot.com/2012/10/crecimiento-v-desarrollo.html>.
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., y Villagomez, A. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (4 ed). Ediciones de la U.
- Oliver, C. D., y Larson, B. C. (1996). *Forest stand dynamics* (Update edition). New York, USA, John Wiley and Sons.
- Pereira, J. S., Tomé, M., Meadeira, M., Oliveira, C., Tomé, J., y Almeida, M.H. (1996). Eucalypt plantations in Portugal, In: *Nutrition of Eucalyptus*, p. 371-387, CSIRO Publishing, Collingwood, Australia,
- Pérez, J. M. (2017). *Manual para el cultivo de la caoba*. Centro de Investigación, Enseñanza y Producción Agroforestal (CEPIAGRY).
- Perry, D. (1994). *Forest ecosystem*. The Johns Hopkins University Press.
- Pozo, E. R. (2005). *Efecto de la fertilización sobre plantaciones de Eucalyptus globulus (Labill.) y Eucalyptus nitens (Maiden) de siete años de edad en la Comuna de Máfil, provincia de Valdivia* [Tesis de Pregrado, Universidad de Chile].
- Prieto, J. A., García, J. L., Mejía, J. M., Huchín, S., y Aguilar, J. L. (2009). *Producción de planta del género Pinus en vivero en clima templado frío*. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/Lista%20de%20documentos/Viveros%20forestales/Manual%20Produccion%20de%20planta%20de%20Pinus%20en%20vivero.pdf>
- Puerta, R., Vargas, Y., Palomino, F. (2022). Cadena productiva de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) en la provincia Leoncio Prado, Perú. *Biotempo*, 19(1), 89-93. doi:10.31381/biotempo.v19i1.4

- Ramos, A. E., y Domínguez, G. (2016). Selección de árboles de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) como candidatos a árboles “plus” para ensayos de rejuvenecimiento y brotación. *Ecología Aplicada*, 15(2), 115-123.
- Reynel, C., Pennington, R. T., Pennington, T. D., Flores, C., Daza, A. (2003). *Árboles útiles de la Amazonia peruana y sus usos: Un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies*, Lima, Perú. Tarea Gráfica Educativa.
- Rodríguez, D. A. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal*. Ed. Mundi Prensa.
- Rodríguez, R. (2002). *Effects of silvicultural regime on leaf, allometry, growth allocation and productivity in Pinus radiata D. Don*. [Tesis Doctoral, Universidad de Concepción].
- Rueda-Sánchez, A., Benavides-Solorio, J. D., Saenz-Reyez, T., Muñoz, H. J., Prieto-Ruiz, J. A., y Orozco, G. (2014). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Rev. Mex. de Cienc. Forestales*, 5(22), 58-73.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v5n22/v5n22a5.pdf>
- Sánchez, G. (1995). *Fertilización química y orgánica al establecimiento de bolaina blanca (Guazuma crinita Mart.) en pasturas degradadas* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio institucional UNU.
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/1654>.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2023). *Datos meteorológicos en Huánuco*. SENAMHI.
<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=huanuco&p=estaciones>
- Silva, E. L. (2007). *Utilización de dos tipos de fertilizante y dos densidades de siembra de la bolaina blanca (Guazuma crinita Mart) para el establecimiento de un sistema silvopastoril* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Simioni, G., Gignoux, J., Le Roux, X., Appé, R., y Benest, D. (2004). Spatial and temporal variations in leaf area index, specific leaf area and leaf nitrogen of two co-occurring savanna tree species. *Tree Physiology*, 24, 205-216.
- Smethurst, P., Baillie, C., Cherry, M., y Holz, G. (2003). Fertilizer effects on LAI and growth of four *Eucalyptus nitens* plantations. *Forest Ecology and Management*, 176, 531-542.
- Suquilanda, M. (2001). *Curso internacional sobre elaboración de abonos orgánicos*. PROEXANT. <https://docplayer.es/68215174-Elaboracion-uso-v-maneio-de-los-abonos-orqanicos.html>.
- Toro, J. (1995). Avances en fertilización en *Pinus radiata* y *Eucalyptus* en Chile, In: *Simposio IUFRO, Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales*. Valdivia, Chile. p. 293-298.

Universidad Nacional Agraria La Molina [UNALM]. (2012). *Guía de fertilización. ¿Cuál de los tres suelos está más próximo a la saturación.* UNALM.

Wabo, E. (s.f.). *Curso de Biometría Forestal. Capítulo 2: Medición de diámetros.* Universidad Nacional de La Plata. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/76146/mod_folder/content/0/WABO%20Diametros.pdf?forcedownload=1

ANEXO

Tabla 20. Matriz de datos de *G. crinita* con un año de edad que fueron tratadas con dosis de guano de islas.

Fecha	Bloque	Dosis (g)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Copa (cm)	Robustez
10/08/2019	1	0	64,25	0,82	26,38	7,99
	1	35	208,17	3,64	140,33	6,50
	1	70	69,50	0,88	31,50	7,94
	1	105	117,13	1,75	70,88	7,66
	1	140	125,75	1,33	66,50	8,91
	2	0	58,25	0,63	32,50	9,53
	2	35	77,75	0,93	36,75	8,33
	2	70	85,25	1,03	32,88	8,58
	2	105	54,38	0,59	25,13	8,81
	2	140	156,00	1,56	88,88	9,72
	3	0	79,63	1,01	36,38	7,76
	3	35	102,13	1,10	69,50	8,89
	3	70	174,38	2,64	143,63	7,03
	3	105	101,67	1,35	44,67	7,58
	3	140	182,00	2,73	123,13	7,99
19/10/2019	1	0	147,00	1,78	102,50	8,70
	1	35	309,00	5,76	204,00	6,28
	1	70	153,75	2,23	115,13	6,91
	1	105	220,25	3,44	169,75	6,78
	1	140	215,75	3,37	137,13	6,92
	2	0	148,75	2,09	94,50	7,65
	2	35	164,00	2,30	95,63	7,23
	2	70	175,00	2,57	128,13	6,90
	2	105	135,75	1,62	81,00	8,88
	2	140	259,50	4,03	183,38	7,16
	3	0	172,50	2,33	108,38	7,70
	3	35	229,50	3,37	143,13	7,13
	3	70	273,38	4,54	220,63	6,29
	3	105	185,67	3,36	154,17	5,53
	3	140	291,50	4,94	225,25	6,30

Fecha	Bloque	Dosis (g)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Copa (cm)	Robustez
20/12/2019	1	0	178,50	2,87	111,13	6,53
	1	35	387,33	6,71	261,67	6,01
	1	70	273,75	3,92	210,00	6,99
	1	105	356,50	5,29	241,63	6,92
	1	140	348,00	5,12	228,75	7,17
	2	0	192,25	3,28	122,25	6,05
	2	35	250,75	4,01	160,88	6,31
	2	70	292,50	4,33	222,38	6,84
	2	105	261,00	3,33	169,50	7,85
	2	140	388,75	5,83	269,75	7,25
	3	0	215,50	3,58	148,63	6,12
	3	35	296,50	5,00	206,00	6,31
	3	70	381,50	6,05	291,25	6,50
	3	105	312,00	5,30	262,83	5,89
	3	140	436,75	6,83	298,38	6,82
27/02/2020	1	0	228,00	3,82	133,00	6,27
	1	35	479,00	9,31	290,33	5,38
	1	70	390,25	6,18	249,13	6,31
	1	105	458,50	7,50	293,88	6,19
	1	140	490,25	7,39	252,00	6,74
	2	0	247,00	4,41	164,38	5,90
	2	35	378,25	6,02	213,75	6,29
	2	70	406,25	6,64	241,13	6,15
	2	105	354,50	5,49	197,75	6,37
	2	140	527,75	8,19	317,88	6,67
	3	0	270,50	4,54	197,25	5,99
	3	35	412,00	7,63	269,38	5,43
	3	70	496,75	7,59	332,88	6,57
	3	105	450,00	7,84	335,17	5,75
	3	140	555,25	9,39	354,75	6,09
Variación	1	0	163,75	3,00	106,63	-1,71
	1	35	270,83	5,68	150,00	-1,12

Fecha	Bloque	Dosis (g)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Copa (cm)	Robustez
	1	70	320,75	5,29	217,63	-1,63
	1	105	341,38	5,75	223,00	-1,47
	1	140	364,50	6,06	185,50	-2,17
	2	0	188,75	3,78	131,88	-3,62
	2	35	300,50	5,09	177,00	-2,04
	2	70	321,00	5,61	208,25	-2,43
	2	105	347,50	5,09	207,00	-1,67
	2	140	371,75	6,63	229,00	-3,05
	3	0	190,88	3,53	160,88	-1,77
	3	35	309,88	6,54	199,88	-3,45
	3	70	322,38	4,95	189,25	-0,46
	3	105	348,33	6,49	290,50	-1,83
	3	140	373,25	6,66	231,63	-1,90

Tabla 21. Largo, ancho y área foliar de las hojas de *G. crinita* sometidas a dosis de guano de islas.

Bloque	Tratamiento (g)	Planta	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)
1	0	13	20,05	19,00	272,74
1	35	12	19,00	17,01	236,91
2	70	32	22,00	19,00	279,32
2	35	33	19,08	19,01	269,64
3	70	40	14,03	13,05	155,90
3	35	42	14,07	15,08	188,98
3	105	44	14,04	15,06	188,55
2	140	34	16,02	16,09	211,94
1	70	15	15,09	15,07	192,25
1	140	8	12,00	13,02	148,57
1	105	19	15,04	13,00	158,49
2	105	38	16,04	16,00	210,55
2	0	39	12,02	14,06	165,52
3	140	59	17,01	15,04	198,24
3	0	48	14,07	16,01	204,07

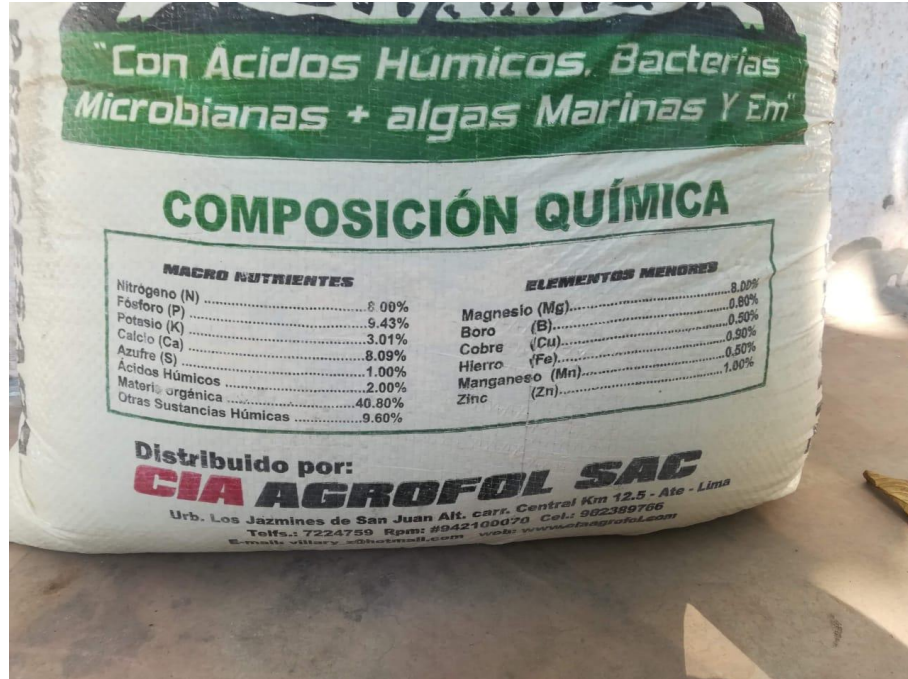


Figura 8. Composición del guano de islas utilizado en plantas de *G. crinita* en terreno definitivo.



Figura 9. Plateo previo a la fertilización con guano de islas en plantas de *G. crinita* en terreno definitivo.



Figura 10. Poda previa a la fertilización con guano de islas en plantas de *G. crinita* en terreno definitivo.



Figura 11. Planta de *G. crinita* plateada y podada en terreno definitivo



Figura 12. Apertura de hoyos previo a la fertilización con guano de islas en plantas de *G. crinita* en terreno definitivo



Figura 13. Aplicación de dosis de guano de islas en plantas de *G. crinita* en terreno definitivo.



Figura 14. Mediación del diámetro del tallo a las plantas de *G. crinita* en terreno definitivo.



Figura 15. Parcela experimental de la plantación de *G. crinita* posterior a la limpieza.



Figura 16. Pintado de la altura del fuste en plantas de *G. crinita* como referencia previa a la medición.



Figura 17. Hojas colectadas de las plantas de *G. crinita* tratadas con guano de islas.



Figura 18. Visita a la parcela experimental de *G. crinita* por parte de un miembro del jurado calificador.



Figura 19. Panel fotográfico en la parcela experimental con plantas de *G. crinita*.

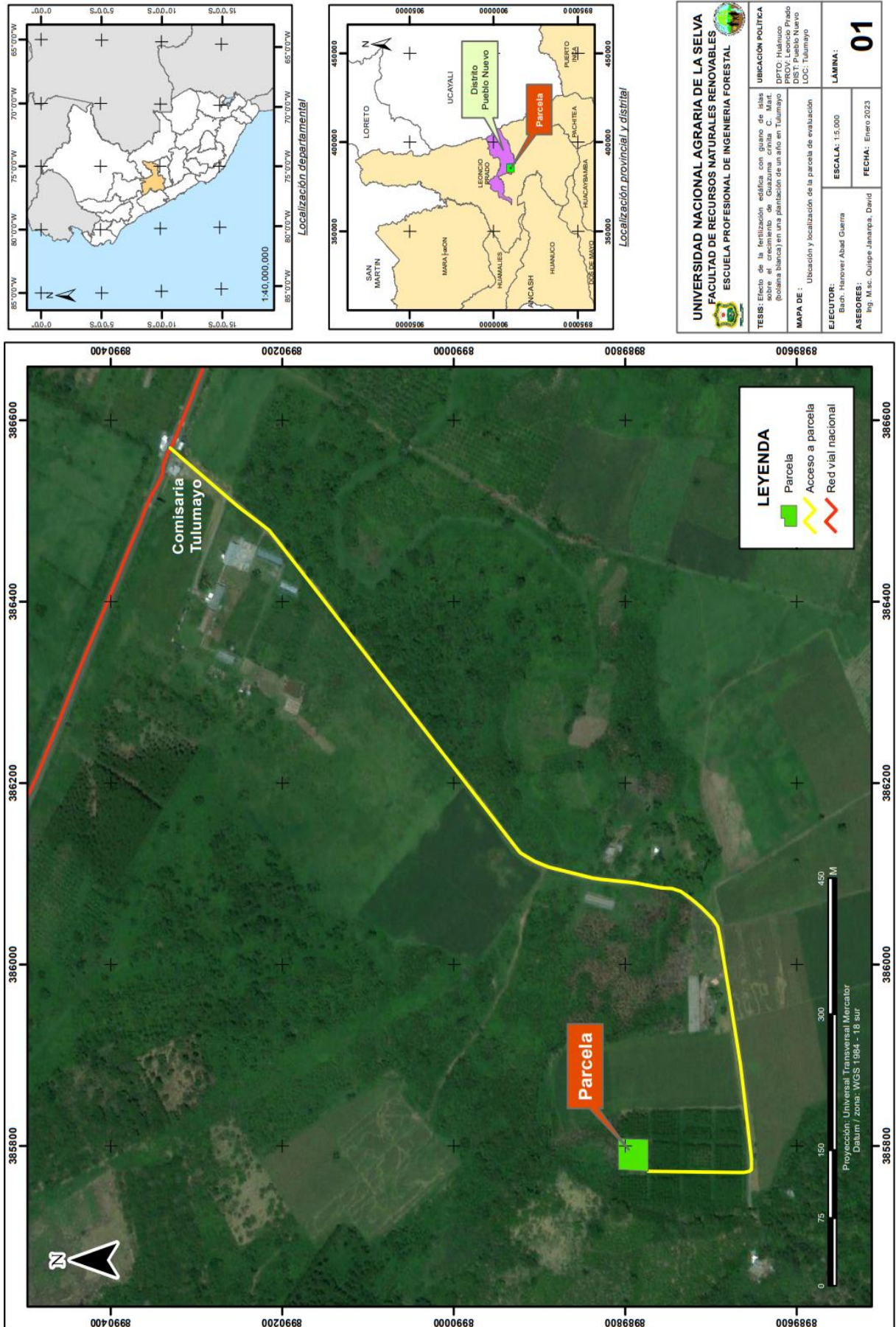


Figura 20. Mapa de ubicación de la parcela experimental.