

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ROCA FOSFÓRICA Y DOS
FERTILIZANTES EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE TRES ESPECIES
FORESTALES EN UN SUELO DEGRADADO DE PUCALLPA- PERÚ”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL

DANIEL ARMANDO GRANDEZ GARATE

PUCALLPA – PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

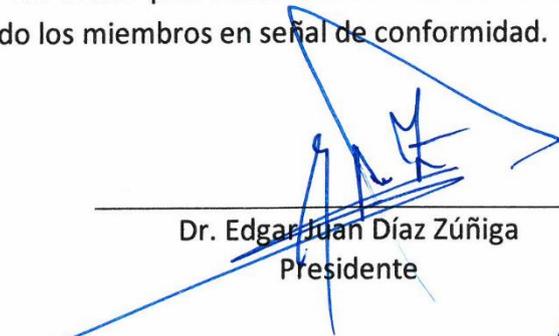


ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 428/2021-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 12:05 p.m. del martes 15 de febrero de 2022, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma virtual, mediante la plataforma unificada de comunicación y colaboración Microsoft Teams, los mismos que estuvo designados con Memo Múltiple N.º 018-2022-UNU-FCFyA, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga.	Presidente
Dr. Fernando Velasquez de la Cruz	Miembro
Dr. César Mori Montero	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **“Efecto de la aplicación de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial de tres especies forestales en un suelo degradado de Pucallpa- Perú”**, presentado por el bachiller **DANIEL ARMANDO GRANDEZ GARATE**; asesorado por el Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD Y RECOMENDACIÓN DE PUBLICACIÓN**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL**, Siendo las 01:08 pm. horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.



Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga
Presidente



Dr. Fernando Velásquez de la Cruz
Miembro

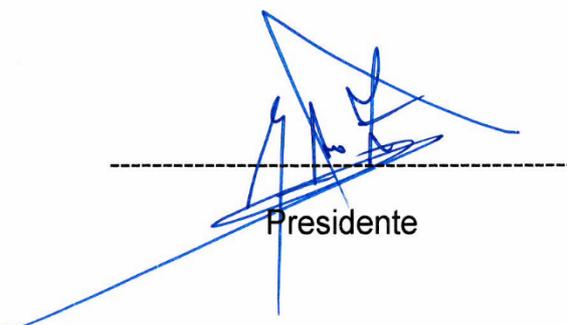


Dr. César Mori Montero
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue aprobada por los miembros del Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga



Presidente

Dr. Fernando Velásquez de la Cruz



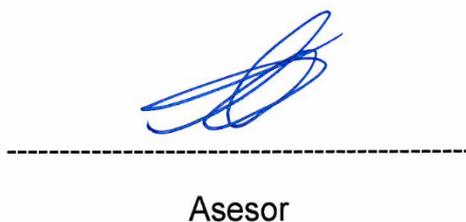
Miembro

Dr. César Mori Montero



Miembro

Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez



Asesor

Bach. Daniel Armando Grandez Garate



Tesisista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N°0042-2022

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe final de Tesis, titulado:

"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ROCA FOSFÓRICA Y DOS FERTILIZANTES EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE TRES ESPECIES FORESTALES EN UN SUELO DEGRADADO DE PUCALLPA- PERÚ"

Cuyo(s) autor (es) : GRANDEZ GARATE DANIEL ARMANDO.

Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES.
Escuela Profesional : ING. FORESTAL
Asesor(a) : DR. MORI VÁSQUEZ JORGE ARTURO.

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 0%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: Si Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que Si se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y CODIFICA la presente constancia

FECHA 28/01/2022



Dr. ABRAHAM ERMITANIO HUAMAN ALMIRON
Dirección de Producción Intelectual

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Daniel Armando Grandez Garate

Autor de la TESIS titulada:

" Efecto de la aplicación de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial de tres especies forestales en un suelo degradado de Pucallpa - Peru "

Sustentada el año: 2022

Con la asesoría de: Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez

En la Facultad de: Ciencias forestales y Ambientales

Carrera Profesional de: Ingeniería forestal

Autorizo la publicación:

PARCIAL Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 15 / 02 / 2022

Email: danielarmando.28.92@gmail.com

Firma: 

Teléfono: 919591700

DNI: 70496519

DEDICATORIA

A Dios, por concederme la vida y la salud, por guiarme para poder lograr mis metas, poner en mi camino a aquellas personas que me apoyaron para poder lograr mis metas y sus buenos consejos que me ayudaron a seguir adelante durante lo largo de mi vida.

A mi mamá Lucita Garate Rodríguez, por sus consejos, enseñanzas, por su amor incondicional, por enseñarme que todo se puede lograr con esfuerzo y dedicación.

A mis hermanos y demás familiares, y mi padrastro Antonio Guerra, por su apoyo incondicional en cada paso que doy cada día.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Ucayali, mi alma mater, a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, por sus enseñanzas y dedicación en la formación de profesionales exitosos.

Al Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez, al Ing. M.Sc. Pedro Pablo Reyes Inca, Ing. M.Sc. Moisés Torres Velasco, por cumplir el rol de Asesor y Co-Asesor respectivamente por el apoyo, seguimiento durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A los técnicos de la INIA - UCAYALI Lenin Vernaes Ruiz, Hilter Fasabi Tuanama, por el apoyo en la instalación de la plantación y el manejo correspondiente que tenía que a ser con las especies forestales.

Sobre todo, mi agradecimiento al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) sede Ucayali, por brindar sus instalaciones, por el financiamiento y apoyo con los materiales e insumos.

A todas aquellas personas que apoyaron directa e indirectamente durante la ejecución del trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES.....	5
2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO	8
2.2.1. Quinilla colorada.....	8
2.2.2. Copaiba.	10
2.2.3. Cormiñon.....	11
2.3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	13
2.3.1. Fertilizantes.....	13
2.3.2. Enmiendas.....	14
2.3.3. Micronutrientes.....	15
2.3.4. Macronutrientes.....	18
2.3.5. Crecimiento de los árboles.....	21
2.3.6. Factores de crecimiento de las plantas.....	23
2.3.7. Degradación, conservación y restauración de suelos.....	24
2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	27
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	29
3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	29
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	29
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	29
3.4. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	30

3.5. PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	37
3.6. TRATAMIENTO DE DATOS.....	37
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	38
4.1. SUPERVIVENCIA DE ESPECIES UTILIZADAS EN EL ENSAYO.....	38
4.2. EFECTO DE ROCA FOSFÓRICA Y DOS FERTILIZANTES EN EL CRECIMIENTO INICIAL EN ALTURA DE TRES ESPECIES FORESTALES EN UN SUELO DEGRADADO DE PUCALLPA.	39
4.3. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE ROCA FOSFÓRICA Y DOS FERTILIZANTES EN EL CRECIMIENTO INICIAL EN DIÁMETRO DE TRES ESPECIES FORESTALES EN UN SUELO DEGRADADO DE PUCALLPA.....	43
4.4. EVALUACIÓN DE LA ROCA FOSFÓRICA Y DOS FERTILIZANTES EN EL ESTADO FITOSANITARIO DE TRES ESPECIES FORESTALES EN UN SUELO DEGRADADO DE PUCALLPA.....	47
4.5. INFLUENCIA DE LOS FERTILIZANTES, YARAMILA COMPLEX Y FERTIBAGRA, Y DE LA ENMIENDA ROCA FOSFÓRICA EN EL INCREMENTO CORRIENTE ANUAL (ICA) Y EL INCREMENTO MEDIO ANUAL (IMA), DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.....	51
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
5.1. CONCLUSIONES.....	60
5.2. RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	63
ANEXO	71

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Niveles adecuados en los tejidos de los nutrientes requeridos por plantas – Micronutrientes.....	16
Tabla 2. Niveles adecuados en los tejidos de los nutrientes requeridos por plantas - Macronutrientes.....	18
Tabla 3. Resultados del análisis de suelos realizados al área de plantación antes de su instalación.....	33
Tabla 4. Composición química de los fertilizantes utilizados en la presente investigación.....	35
Tabla 5. Tratamientos, especies, fertilizantes y dosis que se consideraron en la investigación.....	36
Tabla 6. Porcentaje de supervivencia de las especies <i>Vitex cymosa</i> , <i>Bertero ex Sprengel</i> (cormiñon), <i>Copaifera paupera</i> (Herz.) Dwyer (Copaiba), <i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev (quinilla).....	39
Tabla 7. ANVA para Efecto de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en altura de tres especies forestales en un suelo degradado de Pucallpa.....	41
Tabla 8. Prueba de Tukey para determinar la diferencia de crecimiento inicial en altura de las especies ensayadas en un suelo degradado de Pucallpa.....	41
Tabla 9. Prueba de Tukey para determinar el efecto de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en altura de tres especies forestales en un suelo degradado de Pucallpa.....	42
Tabla 10. Análisis de varianza del efecto de una enmienda y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en DACR de 3 especies forestales en un suelo degradado.....	44
Tabla 11. Prueba de Tukey para determinar la diferencia de crecimiento inicial en diámetro a la altura del cuello de la raíz (DACR) en mm de las especies ensayadas en un suelo degradado de Pucallpa	45

Tabla 12. Prueba de Tukey para determinar la diferencia de crecimiento inicial en diámetro a la altura del cuello de la raíz (DACR) en mm de las especies ensayadas en relación a la roca fosfórica y fertilizantes utilizados, en un suelo degradado de Pucallpa	46
Tabla 13. Efecto evaluación de la roca fosfórica y dos fertilizantes en el estado fitosanitario de tres especies forestales en un suelo degradado	48
Tabla 14. ICA de la altura de las especies en estudio, en centímetros, correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmienda utilizada.....	52
Tabla 15. ICA del DACR de las especies en estudio, en milímetros, correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.....	54
Tabla 16. IMA de la altura de las especies en estudio, en centímetros, correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.....	56
Tabla 17. IMA del DACR, en milímetros, de las especies en estudio correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Porcentaje de supervivencia de las especies <i>Vitex cymosa</i> . Bertero ex Sprengel (cormiñon), <i>Copaifera paupera</i> (Herz.) Dwyer (Copaiba), <i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev (quinilla).....	39
Figura 2. Efecto de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en altura de tres especies forestales en un suelo degradado de Pucallpa.....	40
Figura 3. Representación del efecto de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en altura de tres especies forestales en un suelo degradado de Pucallpa.....	43
Figura 4. Crecimiento inicial en DACR de tres especies forestales usando roca fosfórica y dos fertilizantes en un suelo degradado.....	44
Figura 5. Representación del efecto de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en diámetro a la altura del cuello de la raíz (DACR) en mm de tres especies forestales en un suelo degradado de Pucallpa.....	47
Figura 6. Estado fitosanitario de <i>Copaifera paupera</i> (Herzog) Dwyer utilizando dos fertilizantes y una enmienda en un suelo degradado.....	49
Figura 7. Estado fitosanitario de <i>Vitex cymosa</i> . Bertero ex Sprengel utilizando dos fertilizantes y una enmienda en un suelo degradado.....	50
Figura 8. Estado fitosanitario de <i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) utilizando dos fertilizantes y una enmienda en un suelo degradado.....	50
Figura 9. ICA de la altura de las especies en estudio, en centímetros, correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.....	52
Figura 10. ICA del DACR de las especies en estudio, en milímetros, correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.....	54

Figura 11. IMA de la altura de las especies en estudio, en centímetros, correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.....	57
Figura 12. IMA del DACR, en milímetros, de las especies en estudio correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.....	58

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de una enmienda (roca fosfórica) y dos fertilizantes comerciales (fertibagra y yaramila complex) en el crecimiento inicial de tres especies forestales de lento crecimiento *Vitex cymosa* Bertero ex Sprengel (cormiñon), *Manilkara bidentata* (A. DC) (quinilla) y *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (copaiba) en un suelo degradado de Pucallpa. La muestra se seleccionó en el vivero del INIA – Pucallpa, y estuvo conformada por 90 plantones por especie, se aplicaron tres tratamientos, en uno de ellos se adicionó 100 gr de roca fosfórica al hoyo donde se colocó la planta, el tratamiento dos consistió en agregar 100 gr de roca fosfórica y 100 gr de fertibagra y al tercero se cambió el fertibagra por la yaramila complex. Los plantones fueron establecidos en un área de 2430 m² que fue dividida en 18 columnas y 15 filas y a un distanciamiento de 3 m x 3 m tres especies estudiadas tuvieron un crecimiento estadísticamente diferente, así mismo, el efecto yaramila complex fue estadísticamente igual al de roca fosfórica, y el de fertibagra al de roca fosfórica.

Palabras clave: Árboles forestales; enmienda; fertilizantes; crecimiento inicial.

ABSTRACT

In this investigation, the species *Vitex cymosa* Bertero ex Sprengel (cormiñon), *Manilkara bidentata* (A. DC) (quinilla) and *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (copaiba) were studied. The objective of the research was to evaluate the effect of an amendment (phosphate rock) and two commercial fertilizers (fertibagra and yaramila complex) on the initial growth of three slow-growing forest species in a degraded soil in Pucallpa. The sample was selected in the nursery of INIA - Pucallpa, and was made up of 90 seedlings per species, three treatments were applied, in one of them 100 gr of phosphate rock was added to the hole where the plant was placed, treatment two consisted of add 100 gr of phosphate rock and 100 gr. of fertibagra and on the third the fertibagra was changed for the yaramila complex. The seedlings were established in an area of 2,430 m² that was divided into 18 columns and 15 rows and at a distance of 3 m x 3 m three species studied had a statistically different growth, likewise, the yaramila complex effect was statistically equal to that of phosphate rock, and that of fertibagra to that of phosphate rock.

Keywords: Forest trees; amendment; fertilizers; initial growth.

INTRODUCCIÓN

En la región Ucayali se viene desarrollando investigaciones de especies forestales nativas de rápida y mediana velocidad de crecimiento como Bolaina, Marupa, Capirona, etc. dejándose de lado a especies de crecimiento lento pero que tienen un mayor valor económico y cumplen un papel muy importante en la interrelación entre plantas, pudiéndose mencionar en este grupo a la Quinilla, Copaiba, Cormiñon.

En nuestra región el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) del Ministerio de Agricultura (MINAGRI) a través del Programa de Desarrollo Forestal, Sostenible, Inclusivo y Competitivo en la Amazonía Peruana (PRODEFAP) junto al Gobierno Regional de Ucayali viene promoviendo las plantaciones forestales y su financiamiento para productores que tengan establecido su plantación a partir del tercer año.

Por otra parte, al momento de establecerse las plantaciones no existe un plan de manejo adecuado, por lo que se obvia ciertas actividades importantes como por ejemplo realizar un análisis de suelos y posterior mejora del mismo a través de la roturación, encalado y fertilización, dichas acciones permiten mejorar el crecimiento de cualquier especie utilizada en la reforestación y por lo tanto en la recuperación de la fertilidad y la cobertura vegetal de estas áreas.

Por lo expuesto, en la presente investigación se tuvo como objetivo evaluar el efecto de una enmienda (roca fosfórica) y dos fertilizantes comerciales (fertibagra y yaramila complex) en el crecimiento inicial de tres especies forestales de lento crecimiento *Vitex cymosa Bertero ex Sprengel* (cormiñon), *Manilkara bidentata* (A. DC) (quinilla) y *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (copaiba) en un suelo degradado de Pucallpa

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Lerche & Ball (1998.), indican que las plantaciones forestales como el mejoramiento de árboles son actividades económicas que necesitan inversiones sustantivas en tierras y en recursos financieros y humanos. El compromiso tanto al nivel político como al técnico, que permita la continuidad de la acción en el tiempo, es esencial para un éxito duradero.

Según Tropicales (2008), en la actualidad, gran parte de la madera tropical se extrae de los bosques naturales y debe atenderse urgentemente la necesidad de asegurar su extensión y su potencial productivo y garantizar su ordenación sostenible. Sin embargo, los bosques secundarios y las plantaciones industriales de madera están adquiriendo cada vez más importancia como componentes de la Zona Forestal Permanente.

Esta misma organización, Tropicales (2008), agrega que, con el fin de aumentar el interés económico de mantener la base de recursos forestales, es preciso promover y desarrollar los productos forestales no maderables y los servicios ambientales. Debe reconocerse e incrementarse también el papel desempeñado por las comunidades locales e indígenas dependientes del bosque para asegurar la base de recursos forestales tropicales y se debe aumentar la contribución de los bosques a la reducción de la pobreza. Las medidas adoptadas a nivel nacional deberán ser específicas para cada país debido a la diversidad de condiciones de la base de recursos.

Frente a esta realidad es necesario desarrollar trabajos de investigación destinados a proporcionar conocimientos necesarios para recuperar la fertilidad de los suelos que permitan la recuperación de áreas boscosas de esta forma recuperar los beneficios económicos y servicios ambientales que proporcionan las formaciones boscosas.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, el trabajo de investigación plantea resolver la siguiente interrogante:

1.1.1. Problema General

- ¿Cuál es el efecto del uso de una la enmienda (roca fosfórica) y dos los fertilizantes comerciales (Fertibagra y Yaramila complex) en el crecimiento inicial de tres especies forestales de lento crecimiento (*Vitex cymosa Bertero ex Sprengel* (cormiñon), *Manilkara bidentata* (A. DC) (quinilla) y *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (copaiba)) en un suelo degradado de Pucallpa?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es el efecto de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en altura de tres especies forestales (*Vitex cymosa Bertero ex Sprengel* (cormiñon), *Manilkara bidentata* (A. DC) (quinilla) y *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (copaiba) en un suelo degradado de Pucallpa?
- ¿Qué efecto tienen la aplicación de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en diámetro de tres especies forestales (*Vitex cymosa Bertero ex Sprengel* (cormiñon), *Manilkara bidentata* (A. DC) (quinilla) y *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (copaiba) en un suelo degradado de Pucallpa?
- ¿Cuál es el efecto de roca fosfórica y dos fertilizantes en el estado fitosanitario de tres especies forestales (*Vitex cymosa Bertero ex Sprengel* (cormiñon), *Manilkara bidentata* (A. DC) (quinilla) y *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (copaiba) en un suelo degradado de Pucallpa?

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto del uso de una enmienda (roca fosfórica) y dos fertilizantes comerciales (fertibagra y yaramila complex) en el crecimiento inicial de tres especies forestales de lento crecimiento (*Vitex cymosa Bertero ex Sprengel* (cormiñon), *Manilkara bidentata* (A. DC) (quinilla) y *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (copaiba) en un suelo degradado de Pucallpa.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto que presenta el uso de una enmienda (roca fosfórica) en el crecimiento inicial en altura y diámetro de tres especies forestales (*Vitex cymosa Bertero ex Sprengel* (cormiñon), *Manilkara bidentata* (A. DC) (quinilla) y *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (copaiba)) en un suelo degradado de Pucallpa.
- Determinar el efecto que presenta el uso de dos fertilizantes comerciales (fertibagra y yaramila complex) en el crecimiento inicial en altura y diámetro de tres especies forestales (*Vitex cymosa Bertero ex Sprengel* (cormiñon), *Manilkara bidentata* (A. DC) (quinilla) y *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (copaiba)) en un suelo degradado de Pucallpa.
- Evaluar el efecto de la aplicación de una enmienda (roca fosforica) y dos fertilizantes comerciales (fertibagra y yaramila complex) en el estado fitosanitario de tres especies forestales (*Vitex cymosa Bertero ex Sprengel* (cormiñon), *Manilkara bidentata* (A. DC) (quinilla) y *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (copaiba)), en un suelo degradado de Pucallpa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

En relación al tema a desarrollar, Faria E., Barros, Novais, & Ribeiro (2009), indican que las variaciones en las características químicas del suelo con Tronco de eucalipto. Los niveles de P, K, Ca²⁺ y Al³⁺ disminuyeron con la distancia de este tronco en las tres edades evaluado, y los valores de pH aumentan con la distancia del eucalipto a los 31 y 84 meses, así como la de Mg²⁺ en relación con el eucalipto a los 31 meses, en la dirección de la línea y la interlínea. Las características químicas del suelo obtenido en la línea y el eucalipto entrelazado a los 84 meses fueron similares, excepto el Ca²⁺. Más grande los valores de pH, P, K, Ca²⁺ y Mg²⁺ ocurrieron en la capa superficial.

Así mismo, Inocencio, Carvalho, & Neto (2014), estudiaron el crecimiento inicial de *Enterolobium contortisiliquum* y *Sesbania. virgata* en la sustitución de K por Na en solución nutritiva de Hoagland y Arnon. El esquema factorial era 2 x 5, siendo dos especies forestales y cinco niveles de sustitución (0; 33,3; 50; 66,6; y 100%), con cuatro repeticiones. La sustitución de K por Na promovida tubo diferencias significativas en el desarrollo de las plántulas, en los contenidos y acumulaciones de K y Na. La especie *Sesbania virgata* presentó el mejor desarrollo inicial y acumuló mayor cantidad de K y Na en la parte aérea.

Por otra parte, Rossa et al., (2014), encontraron que la aplicación de fertilizante de liberación lenta lleva a ganancias significativas en el crecimiento en ambas especies, con las mejores dosis de 6.68 a 5.54 kg m⁻³ para la especie *Anadenanthera peregrina*, y 8.38 a 14.42 kg m⁻³ para *Schinus terebinthifolius*.

Otro aspecto estudiado por, Carlos, Filho, Dias, & Laclau (2010), es el efecto de la estacionalidad climática sobre el aumento del diámetro del tronco del árbol, con períodos de crecimiento máximo y mínimo y un retraso de 28 días, dependiendo de la respuesta de la actividad a las variaciones climáticas. La aplicación de potasio en relación al sodio y control promovió tasas de incremento acumulado del tronco de los árboles, con valores de 4.14; 3,28; y 3,08 cm, respectivamente.

Ya estudiando otros aspectos que aceleran el crecimiento de los árboles, Ibañez, Nuñez, Pezzutti, & Rodriguez (2004), reportan diferentes modalidades de roturación de suelos y fertilización con fósforo. Los tratamientos corresponden a la aplicación de rastra, subsolado a 50 y 80 cm de profundidad más rastra, combinados con 0 y 120 g pl⁻¹ de superfosfato triple (0 - 46 - 0). Para el sector de primera rotación los mejores crecimientos se logran subsolando a 50 y 80 cm de profundidad, diferenciándose significativamente de las áreas preparadas sólo con rastra. En cambio, para el área de segunda rotación no se observan diferencias significativas entre los métodos de roturación de suelo. En ambos ensayos la aplicación de fósforo tuvo un efecto positivo y significativo sobre el crecimiento.

Así mismo, Bellote & Ferreira (1995), estudiaron plantaciones de Eucalyptus en regiones donde se encuentran adecuadamente suplidas de S, Fe, Mn y Zn; los contenidos de P en las hojas se encontraron bajo el valor óptimo reportado en la bibliografía; K y Mg son los nutrientes minerales que limitan más significativamente el crecimiento de los árboles en todos los sitios, también en plantaciones fertilizadas; árboles cuyas hojas presentan contenidos de 2.6 y 7.5 mg/g en la materia seca de Mg y K, respectivamente, están adecuadamente nutridos de estos elementos; el aumento en la oferta de N, P, K y Mg en el suelo, a través de una fertilización, puede aumentar el crecimiento de los árboles en todos los sitios; los contenidos de Ca y B en las hojas no están relacionados con el crecimiento de los árboles, mostrando incluso efecto de dilución.

Por otra parte, los resultados de crecimiento obtenidos en el estudio comprobaron que no existen diferencias significativas al analizar los diferentes tratamientos, edades y densidades, donde el tratamiento con mejor respuesta al crecimiento en diámetro a los siete años de edad correspondió a roca fosfórica, con fertilización pre y post plantación (R1), con crecimientos superiores a los 26 cm (400 árboles/ha), 27 cm (200 árboles/ha) y de 28,5 cm (100 árboles/ha). Esto lo corrobora los resultados de crecimiento obtenidos a los cinco y seis años en donde los tratamientos testigos con fertilización post plantación (T1) y testigo sin fertilizar (T0), alcanzaron los mejores crecimientos en las diferentes densidades analizadas. (Barrera, 2006)

Para Donoso et al., (2007), las plantas que estudio respondieron mejor a la dosis intermedia de fertilizante, que la cobertura de maleza no afectó significativamente al crecimiento ni a la sobrevivencia de las plantas, y que hubo una interacción significativa del fertilizante con la maleza, ya que con niveles bajos de maleza la respuesta de las plantas a la fertilización fue positiva, no así con coberturas altas de maleza. Los resultados sugieren la utilidad de usar fertilizante y controlar la maleza en intensidades intermedias.

Por otra parte, Alvarez, Rodriguez & Suarez (1999), manifiestan que la fertilización nitrogenada se logró con una refertilización de 20 gr N/planta, con un incremento del índice de biomasa ($D2 * H$) de un 20%; la dosis óptima de P fue de 200 gr $P2O5$ /planta con un incremento de un 160% del índice de biomasa. En el caso del K, no hubo respuesta. La fertilización bórica produjo un incremento de 10% con una dosis de 20 gr BNC/planta (sin ser estadísticamente significativa).

Existen muchos factores que contribuyen al crecimiento de las plantas, Álvarez, Olán, López, Flores, & Ávila (2016), indican que el encalado tuvo efectos positivos en la mayoría de los parámetros químicos estudiados, de manera general en las profundidades 0-20 cm y 20-40 cm fue donde se observó dicho efecto. El CO₂ y el Nin son buenos indicadores

para estimar el efecto del encalado, ya que se observó en éstos, mejor respuesta que la registrada por la MO. El crecimiento de las plantas de caoba se vio favorecidas por las aplicaciones de cal dolomítica, registrando diferencias estadísticas en altura y número de hojas, excepto el diámetro.

Así mismo, Álvarez-Sánchez, Hernández-Acosta, Torres, & González (2013), manifiestan que el encalado afectó positiva y significativamente el desarrollo de los brinzales en las variables altura, diámetro del tallo y volumen de raíz, la acumulación de fósforo en la planta y el porcentaje de segmentos de raíz colonizados.

2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

A continuación, se describe las principales características de las especies en estudio, estos son:

2.2.1. Quinilla colorada

Según, Reynel, Pennington & Pennington (2003):

- Nombres: Quinilla Colorada.
- Nombre Científico: *Manilkara bidentata* (A. DC.).
- Clase: Equisetopsida.
- Sub Clase: Magnolidae.
- Superorden: Asteranae.
- Orden: Ericales.
- Familia: Sapotaceae.
- Especie: *Manilkara bidentata* (A. DC.).

2.2.1.1. Descripción botánica y dendrológica

Reynel, Pennington, & Pennington (2003), indica que la Quinilla es un árbol perennifolio del dosel, que alcanza alrededor de 35 m de altura. El

fuste es cilíndrico con base recta y alcanza 90 cm de DAP (diámetro a 1.3 m del suelo) en el bosque de tierra firme monitoreado en la Estación Biológica El Zafire. La corteza muerta es color marrón claro a grisácea, con fisuras verticales profundas, desprendible en placas rectangulares, la corteza interna es rojiza y al corte exuda abundante látex blanco, espeso y pegajoso.

2.2.1.2. Distribución natural y hábitat

Por otro lado, Reynel, Pennington & Pennington (2003), manifiestan que la Quinilla es una especie que presenta una distribución extensa desde México hasta la zona norte de América del sur. En la Amazonía incluye los países de Brasil, Colombia, Guyana, Guayana Francesa, Perú, Surinam y Venezuela. Se encuentra entre los 30 y 1000 m.s.n.m., en climas húmedos y muy húmedos tropicales. Habita en bosques primarios de tierra firme y zonas con inundaciones ocasionales en la Amazonia. En la Amazonia peruana se encuentra en planos inundables y pantanos de las cuencas de los ríos Ampiyacú y Yaguasyacú.

2.2.1.3. Morfología de frutos y semillas

Así mismo, Reynel, Pennington, & Pennington (2003), indica los frutos son simples, carnosos e indehiscentes, tipo baya globosa de forma elipsoide, color amarillo-naranja al madurar, tornándose marrón una vez cae al suelo. En sentido longitudinal presenta un diámetro de 2 cm (rango: 1.6-2.3 cm) y en sentido transversal un diámetro de 1.5 cm (rango: 1.2-1.8 cm). Con respecto al peso fresco puede alcanzar en promedio 14.3 g. En condiciones de peso seco, el 16% corresponde a nutrientes, principalmente glúcidos (73%), lípidos (16%) y proteínas (3%) y una humedad del 82%. El endocarpio es carnosos, jugoso, gomoso, comestible y muy dulce. Por lo general contienen una sola semilla y excepcionalmente dos.

2.2.1.4. Crecimiento y edad de los árboles

En la Amazonía Peruana, encontraron incrementos dimétricos anuales de 0.09 cm. en la Guyana Francesa reportan incrementos dimétricos anuales de 0.17 cm. en Brasil (Amapá) a partir de 108 individuos reportan un incremento dimétrico promedio anual de 0.28 cm. mediante modelos de crecimiento calculados con 64 individuos estimó incrementos anuales de 0.57 cm (DE= 0.04). (Reynel, Pennington, & Pennington, 2003)

2.2.2. Copaiba

Según, Reynel, Pennington & Pennington (2003):

- Orden: Fabales.
- Familia: Leguminosae (Caesalpinioideae).
- Género: *Copaifera*.
- Nombre científico: *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer.
- Sinónimos Botánicos: *Copaifera reticulata* Ducke var. *peruviana* J.F. Macbride.
- Nombres comunes: "Copaiba".

2.2.2.1. Descripción botánica

Así mismo, Reynel, Pennington, & Pennington (2003), señala que *la Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer (Copaiba) es una especie cuyo árbol mide de 50-150 cm de diámetro y 20-35 m de altura total, de fuste cilíndrico, con ramificación desde el segundo tercio y la base del fuste recta. La corteza externa lenticelada, color marrón claro a grisáceo, presenta escamas de ritidoma que desprenden aisladamente dejando huellas impresas ("corteza martillada"); corteza interna en dos estratos, uno externo arenoso, color amarillo a anaranjado pálido y otro interno muy delgado y fibroso, la corteza aromática.

2.2.2.2. Distribución y hábitat

Señala que la especie se encuentra en la región Amazónica, mayormente debajo de los 700 msnm. Se le observa en ámbitos con pluviosidad elevada y constante, es una especie esciófita, presente en bosques primarios, prefiere suelos arcillosos a limosos, fértiles y bien drenados, con pedregosidad baja a media. (Reynel, Pennington & Pennington, 2003)

2.2.2.3. Características generales

Reynel, Pennington & Pennington (2003), indica que la madera es de muy buena calidad, semidura a semipesado, de color blanquecino en la albura a rojo amarillento en el duramen cuando seca, con grano recto y textura media a fina, con veteado de arcos superpuestos y bandas longitudinales angostas.

2.2.3. Cormiñon

Para, Reynel, Pennington & Pennington (2003) la clasificación de cormiñon es la siguiente:

- Nombre común: Aceituno del monte, Cormiñon.
- Nombre científico: *Vitex cymosa*. Bertero ex Sprengel.
- Familia: Verbenaceae.

2.2.3.1. Características de la especie

Reynel, Pennington, & Pennington (2003), indica que el árbol es de un porte medio, de 20-50 cm de diámetro y 10-25 m de altura total, con la ramificación desde el segundo tercio, el fuste recto, sin modificaciones en la base. Corteza externa agrietada, de color grisáceo a marrón claro, corteza interna homogénea, de color blanquecino; oxida rápidamente a

marrón. Ramitas terminales con sección circular, de 4-10 mm de diámetro, finamente tomentosa. Hojas compuestas, digitadas y opuestas, sus bellas flores violetas y sus frutos globosos y carnosos.

2.2.3.2. Distribución

Por otra parte, Reynel, Pennington, & Pennington (2003), que su distribución se encuentra en la selva baja y ceja de selva, hasta 1500 msnm, en bosques secundarios.

2.2.3.3. Fenología

Flores en junio - setiembre, frutos en diciembre. (Reynel, Pennington & Pennington, 2003)

2.2.3.4. Importación

Así mismo, Reynel, Pennington & Pennington (2003), indica que la madera es de buena calidad, dura y de textura fina, con el duramen de color diferenciado; se emplea en carpinterías. El fruto es comestible; se trata de un fruto nativo no investigado. Tiene potencial ornamental, por sus bonitas flores de color morado.

2.2.3.5. Crecimiento y edad de los árboles

Aguirre et al. (2013) en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador, obtuvo resultado de incremento medio anual en DAP de 0,740 cm y en altura de 32,00 cm.

2.3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.3.1. Fertilizantes

Restrepo & Rojas (2015), indican que la fertilidad del suelo en las plantaciones forestales del trópico, es el manejo de los nutrientes del suelo, y debido a que los suelos del trópico son generalmente ácidos, relacionados con pH bajos y de poca disponibilidad de cationes como calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo y puede presentar toxicidad por aluminio y manganeso. La aplicando de enmiendas, fertilización química y mejoramiento genético, son actividades indispensables y obligatorias para alcanzar el desarrollo forestal que requiere el planeta.

Por otra parte, Donoso et al., (2015), sostiene que la adecuada nutrición de las plantas contribuye a su apropiado establecimiento en el sitio de plantación y su posterior crecimiento. La fertilización temprana, en la etapa del establecimiento, es una medida silvicultural que contribuye al adecuado crecimiento inicial de los árboles. Para contribuir a la adecuada respuesta de cortas intermedias, la fertilización puede ser una herramienta silvicultural importante.

Así mismo; Thiers, Gerding & Schlatter (2007), indican que la producción forestal, ya sea intensiva o extensiva, son manejados en general dentro del concepto de la fertilidad actual, a diferencia del sector agrícola para el cual se busca lograr la fertilidad potencial. Por ello, es fundamental para la producción forestal contar con un método analítico integral, que permita al productor adecuar las especies forestales, como también su manejo, a las condiciones naturales del suelo para lograr un buen rendimiento.

Autores como, Schlatter, Gerding & Brandt (2001), agregan que la respuesta a una fertilización depende de que el diagnóstico previo haya sido acertado, que la técnica de fertilización sea adecuada y el clima haya sido benigno. Muy importante es la época de la aplicación de los

fertilizantes. La alta demanda nutritiva durante el período de producción (acumulación) en las plantaciones forestales muchas veces debe ser satisfecha por una fertilización, debido a que el suelo no la puede cubrir. Un análisis de suelo es útil en estos casos para saber cuál es el aporte de éste. La decisión de fertilizar un determinado cultivo requiere considerar además de la oferta del suelo las necesidades de la especie a cultivar y el rendimiento que se espera obtener. La fertilización se puede realizar en distintas etapas.

La composición de un fertilizante es la cantidad de nutriente que contiene. En los fertilizantes simples, las unidades que se consideran para el cálculo de su composición son las siguientes: N, P O, K O, CaO y MgO, el resto de los nutrientes se valora en su forma elemental. La composición de un fertilizante compuesto se indica por tres números que corresponden a los porcentajes de N, P O y K O se denomina concentración a la suma de la riqueza de los tres elementos del fertilizante complejo, (Gauggel, 2009).

2.3.2. Enmiendas

Al respecto, Campos & Sperberg (2011), manifiesta que la utilización de roca fosfórica para la fertilización de los cultivos tropicales es una práctica eficaz y sostenible, cuyos efectos positivos sobre las plantas pueden aumentarse a través de su inoculación con microorganismos promotores del crecimiento vegetal.

Así mismo, Ferreira, Carvalho & Neto (2013), indican que muchas rocas fosfóricas, aun las de baja reactividad son prometedoras para la aplicación directa en suelos ácidos ($\text{pH} < 5.5$), especialmente si se reconoce su efecto residual. Rocas fosfóricas modificadas pueden usarse para cultivos de corto ciclo de vida y alto requerimiento inicial de fósforo disponible, en suelos menos ácidos ($\text{pH} 5.5- 6.5$) y en un suelo con alto poder de fijación de fósforo.

Resultados sobre el efecto de las enmiendas son dados por (Thiers, Gerdinga & Schlatter (2007), quienes encontraron que la plantación se estableció en 1996 y se fertilizó (F) con roca fosfórica antes de plantar, en la primavera del mismo año (NPK + microelementos), al año siguiente (NPK) y al tercer año (NP). Una superficie semejante (0,25 ha) fue definida como testigo (T). Las raíces representaron 6,2% y 5,4% de la biomasa total, respectivamente. La extracción del fuste (sólo madera) exportó 16-18% del nitrógeno y 5-6% de calcio aéreo del rodal, mientras que la extracción del árbol completo extrajo 41-44% del nitrógeno y del calcio. La corteza fue el componente de biomasa que más calcio acumuló, alcanzando a casi el triple que en la madera. La retención de la corteza en el sitio puede ser significativa para el abastecimiento de este elemento durante la rotación.

Así mismo el fosfato (Pi), Es un nutriente esencial para el desarrollo y crecimiento de las plantas, el cual, desafortunadamente, presenta una baja disponibilidad en la mayoría de los suelos tropicales. Para corregir su deficiencia es necesario aplicar altas cantidades de fertilizantes fosfóricos, pero éste es un proceso ineficiente y costoso. Una alternativa para la fertilización es el uso de la roca fosfórica (RP). (Bedoya, 2013)

2.3.3. Micronutrientes

Por un lado, Kirkby & Römheld (2007), indican que los micronutrientes de plantas incluyen B, Cl, Cu, Fe, Mn. Las plantas requieren Mo, Ni y Zn en concentraciones muy bajas para un adecuado crecimiento y reproducción. Sin embargo, a pesar de su concentración dentro de los tejidos y órganos de las plantas, los micronutrientes tienen la misma importancia que los macronutrientes para su nutrición. En estos, a bajas concentraciones, los micronutrientes son clave para el crecimiento. En la primera tabla se encuentran los micronutrientes que requieren las plantas.

Tabla 1. Niveles adecuados en los tejidos de los nutrientes requeridos por plantas – Micronutrientes.

Elementos	Contenido mineral (mg kg-1 PS)	Número de átomos relativo a Mo
Micronutrientes		
Niquel (Ni)	0,05	1
Molibdenio (Mo)	0,1	1
Cobre (Cu)	6	100
Zinc (Zn)	20	300
Manganeso (Mn)	50	1.000
Hierro (Fe)	100	2.000
Boro (B)	20	2.000
Cloro (Cl)	100	3.000

Fuente. (Kirkby & Römheld, 2007).

- **Niquel (Ni)**

Kirkby & Römheld (2007), Ni eran Considerado en nutrición vegetal y especialmente en ciertas especies de plantas. Fueron capaces de tolerar altas concentraciones de Ni presente en suelos serpentinos.

- **Molibdenio (Mo)**

Así mismo, Kirkby & Römheld (2007), indica que el Mo es lo que está presente en las plantas. En menos de 1 mg kg-1 de materia ya es suficiente para abastecer adecuadamente a las plantas.

- **Cobre (Cu)**

Cu juega un papel clave en procesos como la fotosíntesis, la respiración, la desintoxicación de los radicales superóxidos y la lignificación. Cuando hay deficiencia de Cu, las actividades de todas estas enzimas se reducen drásticamente. (Kirkby & Römheld, 2007)

- **Zinc (Zn)**

Es un elemento que funciona principalmente como catión divalente en metal coenzimas, en algunos de los cuales se une a las enzimas a sus sustratos correspondientes, mientras que en otros los Zn forma complejos tetraédricos con N y O, y en particular, Enlazadores S con una variedad de compuestos orgánicos. En plantas superiores solo hay unas pocas enzimas que contienen Zn y estos incluyen alcohol deshidrogenasa, anhidra. (Kirkby & Römheld, 2007)

- **Manganeso (Mn)**

Desempeña un papel importante en los procesos redox, como en el Transporte de electrones en la fotosíntesis y en la desintoxicación de radicales libres de oxígeno. Mn es una metaloproteína, es decir, un componente integral de solo dos enzimas, la enzima que rompe la Molécula de agua en el fotosistema II (FS II) y superóxido dismutasa. Que contiene Mn. También es activador de varias enzimas. (Kirkby & Römheld, 2007)

- **Hierro (Fe)**

La alta afinidad del Fe para formar complejos con varios. (por ejemplo, ácidos orgánicos y fosfatos) y los cambios de valencia son las dos características importantes que constituyen la base de los numerosos efectos fisiológicos de este nutriente en la planta. (Kirkby & Römheld, 2007)

- **Boro (Fe)**

El boro es un micronutriente esencial para plantas vasculares, diatomeas y algunas especies de algas verdes. No parece ser esencial para hongos y bacterias (con la excepción de cianobacterias), tampoco lo es para animales. Parece que los requerimientos de boro se hacen esenciales

de forma paralela a la lignificación y diferenciación xilemática de los integrantes del reino vegetal. (Vera, 2001)

- **Cloro (Cl)**

Cl es un nutriente vegetal excepcional y se requiere en concentraciones muy bajas, está presente en los tejidos de plantas en concentraciones mucho mayores, similares a las que normalmente estaría asociado con macronutrientes. (Kirkby & Römheld, 2007)

2.3.4. Macronutrientes

Para, Kirkby & Römheld (2007), son elementos que se necesitan en relativamente grandes cantidades. Entre ellos se influye nitrógeno, potasio, azufre, calcio, magnesio, fósforo, carbono, oxígeno, hidrógeno. En la segunda tabla se encuentra los macronutrientes requeridos por las plantas.

Tabla 2. Niveles adecuados en los tejidos de los nutrientes requeridos por plantas – Macronutrientes.

Elementos	Contenido mineral (mg kg⁻¹ PS)	Número de átomos relativo a Mo
Macronutrientes		
Azufre (S)	1.000	30.000
Fósforo (P)	2.000	60.000
Magnesio (Mg)	2.000	80.000
Calcio (Ca)	5.000	125.000
Potasio (K)	10.000	250.0000
Nitrógeno (N)	15.000	1.000.000
Oxígeno (O)	450.000	30.000.000
Carbono (C)	450.000	40.000.000
Hidrógeno (H)	60.000	60.000.000

Fuente, (Kirkby & Römheld, 2007).

- **Azufre (S)**

Los compuestos biológicos en donde se involucra el azufre son diversos en tipo y complejidad; van desde moléculas pequeñas a medianas (muchas de ellas con olores y sabores característicos), hasta proteínas y otros polímeros. Se sabe que aproximadamente un 40% de las enzimas contienen azufre. (Benavides, 1998)

- **Fósforo (P)**

El fósforo es uno de los diecinueve elementos considerados como esenciales para la vida de las plantas. Constituye un componente primario de los sistemas responsables de la captación, almacenamiento y transferencia de energía, y es componente básico en las estructuras de macromoléculas de interés crucial, tales como ácidos nucleicos y fosfolípidos, por lo que se puede decir que su papel está generalizado en todos los procesos fisiológicos. (Fernández, 2007)

- **Magnesio (Mg)**

La función del magnesio en la planta es su papel como el átomo central de la molécula de clorofila. Sin embargo, la cantidad ligada a la clorofila (15% del total) es relativamente pequeña y depende en gran parte del suministro. Además de ser una parte integral de la clorofila, el magnesio participa en la reacción de carboxilasa de la fotosíntesis. (Ross, 2004)

- **Calcio (Ca)**

El Calcio es un componente esencial de las paredes de las células y sólo puede ser suministrado por el xilema. Además, el Calcio es un cofactor de ciertas reacciones enzimáticas. Por lo tanto, si la planta agota el suministro de calcio del suelo, no puede movilizarlo de tejidos viejos hacia los nuevos brotes o frutas, lo que resulta en una disminución en la productividad. Esto es especialmente válido cuando un cultivo tiene

insuficiente calcio en el suelo y llegan las primeras lluvias. El rápido crecimiento generado por la humedad conlleva un déficit de calcio en los tejidos nuevos porque el calcio no alcanza a ser movilizado hasta las zonas de crecimiento. (Piedrahita, 2012)

- **Potasio (K)**

Potasio es un elemento esencial, porque manifiesta su deficiencia en las plantas rápidamente debido a las grandes cantidades con que es requerida por ellas (cuatro tres veces más que el P y casi a la par que el N); también se le considera primario por intervenir en las funciones primarias de la planta. Este elemento es absorbido en forma de ion K, aunque en el suelo y los fertilizantes se expresan en K. (Corone, 2003)

- **Nitrógeno (N)**

El nitrógeno (N) es un elemento necesario en la composición de proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes celulares, siendo así una molécula esencial para el crecimiento de todos los organismos. (Figueroa, 2004)

- **Oxígeno (O)**

Carbó, Sarasa & Meler (2013), indican que el oxígeno del suelo o del aire favorece un intercambio gaseoso rápido y más eficiente entre las células que se encuentran alrededor de las raíces de las plantas. Por otra parte, Flores (2004), sostiene que en la respiración las plantas transforman CO₂ en oxígeno para que ocurra la respiración en los demás organismos ocurre para la obtención de nutrientes para la planta. Se toma básicamente el CO₂ que serviría para producir glucosa utilizando poco oxígeno para construir sus moléculas, que casi siempre es proporcionado por el agua la respiración le permite la síntesis de sus alimentos.

- **Carbono (c)**

Carbono es fundamental, por ejemplo, en los procesos de construcción y en la movilización de polisacáridos de la pared celular, como un mecanismo de reserva en semillas. Aproximadamente, el 40% de la masa seca de las plantas consiste en carbono fijado mediante la fotosíntesis. (Yepes & Buckeridge, 2011)

2.3.5. Crecimiento de los árboles

El crecimiento de un árbol o de una masa forestal está representado por su respectivo desarrollo, es decir, por el aumento en sus dimensiones: altura, diámetro, área basal y volumen. Este crecimiento, considerado en un período de tiempo determinado se denomina incremento, el cual representa un aumento en la cantidad de tejido acumulado de floema y xilema en forma de corteza y madera respectivamente. (Klepac, 1983)

De acuerdo con Zeide (1993), el crecimiento resulta de la interacción de dos fuerzas opositoras: un componente positivo manifestado por la expansión de un organismo que tiende hacia la multiplicación exponencial, este componente está asociado con el metabolismo constructivo o anabolismo. Un componente opositor que representa las restricciones impuestas por factores externos como la competencia por recursos, respiración, estrés, es decir el catabolismo.

En el ámbito forestal, el crecimiento es considerado como una función que depende directamente de los factores del sitio que se encuentran interactuando en el rodal, formulado en términos de tasa de crecimiento e integrada en el tiempo. La forma general de dicha función en un tiempo dado es:

Crecimiento = f (especie, edad, densidad, calidad de sitio).

Alder (1980), considera que el crecimiento es un proceso biológico que involucra dos procesos: uno que impulsa al organismo a aumentar de tamaño mediante la acumulación de la energía bioquímica y, el otro, que frena el crecimiento mediante el gasto de energía para realizar sus funciones fisiológicas. Estos dos procesos son conocidos como los procesos anabólicos y catabólicos respectivamente.

Louman (2001), define al crecimiento de un árbol como el aumento de tamaño en el tiempo. Este se puede expresar en términos de diámetro, altura, área basal o volumen. A la magnitud del crecimiento se denomina incremento. El crecimiento es el proceso principal que se pretende influir con la silvicultura pues conlleva al producto deseado: madera de ciertas dimensiones y cierta calidad. El crecimiento implica un estado inicial mensurable y cambios en ese estado con el paso del tiempo. A partir de ahí se puede hablar de incremento total (diferencia entre un estado en un momento dado y el estado inicial), incremento corriente anual (incremento del último año de medición, ICA), incremento medio anual (promedio por año desde el año 0, IMA) o periodo anual (promedio por año durante un cierto periodo, IP A), o incremento relativo (en porcentajes del tamaño total promedio entre el comienzo y final del periodo de medición del crecimiento, IR).

Así mismo, indica que para describir el crecimiento sobre el tiempo se suele emplear una curva sigmoidea, la cual tiene más o menos la misma forma para cualquier organismo vivo. En producción forestal, esta curva se suele aplicar para analizar el aumento del diámetro, la altura, área basal o volumen de madera.

Silva (2017), determinó el crecimiento de una plantación de 04 años de edad de *Tectona grandis L.F.* en el distrito de Puerto Inca, departamento de Huánuco, cuyo incremento medio anual (IMA) en altura de 2.00 metros a 3.28 metros, en el caso de diámetro a la altura del pecho (DAP) entre 2.7 cm a 3.7 cm.

Schmidt (2018), determinó el crecimiento de una plantación de 05 años de edad de *Guazuma crinita*, en el distrito de Puerto Inca, Departamento de Huánuco, cuyo incremento medio anual (IMA) en altura de 3.4 m y para el diámetro a la altura del pecho (DAP) entre 3.4 cm.

Angulo (2014), determinó el crecimiento de una plantación de 04 años de edad de *Dipteryx odorata*, en la plantación de la Empresa Manejo Forestal Sostenible “Bosques Amazónicos SAC”, Departamento de Ucayali, cuyo incremento medio anual (IMA) en altura de 2.0 cm/año y para el diámetro a la altura del pecho (DAP) entre 2.0 cm/año.

Para el aumento de volumen el responsable es el cambium que se define como la zona reproductiva localizada bajo la corteza, que se encuentra en el perímetro del fuste, Tesch (1980/1981). Esta zona es responsable del crecimiento diamétrico del árbol y como todo crecimiento, está influenciado por factores físicos y fisiológicos como temperatura, luz, localización geográfica de la planta, agua, contenido de auxinas y tasa de fotosíntesis, (Paliwal & Prasad, 1970). El periodo de más alta actividad del cambium coincide con el periodo de más alta producción fotosintética, (Auten,1945). Sin embargo, Lojan (1967) indica que a pesar de esa estrecha relación que existe, el inicio y fin de sus respectivos periodos no coincide con exactitud

2.3.6. Factores de crecimiento de las plantas

Para, Gauggel (2009), la fertilidad de un suelo se refiere a la capacidad del mismo de suministrar los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo de las plantas. Se conoce como nutrición al proceso biológico en el que los organismos asimilan los nutrientes necesarios para el funcionamiento, el crecimiento y el mantenimiento de sus funciones vitales; los nutrientes son los elementos o compuestos químicos necesarios para el desarrollo de un ser vivo.

Los factores más importantes para el crecimiento de la planta son luz solar, agua, nutrientes, temperatura, O₂ y CO₂ muchas actividades que se realizan en el establecimiento y manejo de plantaciones forestales centran en aumentar la disponibilidad de uno o más de estos factores, por ejemplo, al raleo una plantación se aumentan la luz, la humedad y los nutrientes disponibles a los árboles no raleados. (Valladares, 2004)

2.3.7. Degradación, conservación y restauración de suelos

En relación a este tema, la Organización para la Agricultura y Ambiente (2000), señala que el suelo se forma mediante procesos naturales físicos, químicos, y microbiológicos que provocan la ruptura de rocas, juntos con la adición de materia viva que inicia el ciclo de nutrimento, la degradación de la tierra se define como un declive temporal o permanente en la capacidad de producir de la tierra. También puede definirse como la pérdida de utilidades actual o potencial, pérdida de cualidades intrínsecas y de funciones del suelo.

Así mismo la degradación física se refiere al deterioro o destrucción de la estructura del suelo por agentes naturales. La degradación química puede deberse a la concentración de sustancias tóxicas o a la pérdida de bases intercambiable del suelo, Es la disminución del espesor del suelo superficial (horizonte A), debido a la remoción uniforme de los materiales del suelo, por el accionar de los impactos de las gotas de lluvia y la escorrentía, que se genera sobre el suelo al ser saturado por el agua acumulada. (FAO, 2000)

Por otro lado, Paul & Vlek (2008), indican que la erosión del suelo es uno de los mayores problemas ambientales globales que producen efectos tanto en el sitio como fuera de él. La implicación económica de la erosión del suelo es más grave en los países en desarrollo debido a la falta de capacidad para hacerle frente y también para reemplazar los nutrientes perdidos. Estos países también tienen un alto crecimiento de la población, lo que lleva a un uso intensificado de los recursos ya estresados y la

expansión de la producción a tierras marginales y frágiles. Tales procesos agravan la disminución de la erosión y la productividad, dando como resultado un ciclo de degradación de la población y la pobreza y la tierra.

De igual modo, FAO (2000), señala que los procesos de degradación de tierras en varias regiones de América Latina y África, tienen su origen en factores sociales, económicos y culturales, que se traducen en la sobre explotación de los recursos naturales y en la aplicación de prácticas inadecuadas de manejo de suelos y aguas. La consecuencia de todo ello, es la inhabilitación productiva de muchas tierras agrícolas que va en detrimento de la producción de alimentos para una población creciente en estos dos continentes.

Así mismo, la lluvia es uno de los factores climáticos más importantes que influyen sobre la erosión. El volumen y la velocidad de la escorrentía dependen de la intensidad, la duración y la frecuencia de la lluvia. De estos factores, la intensidad es el más importante y las pérdidas por la erosión aumentan con las intensidades más altas de las lluvias. La duración de la lluvia es un factor complementario. (FAO, 2000)

Acidez

La acidez del suelo depende del material parental del suelo, su edad y forma y los climas actual y pasado. Puede ser modificado por el manejo del suelo. (FAO, 2000)

- Bajo nivel de calcio y magnesio intercambiables y bajo porcentaje de saturación de bases.
- Alta proporción de aluminio intercambiable.
- Una capacidad de intercambio de cationes más baja que en suelos similares menos ácidos debido a un número reducido de cargas negativas en la superficie de la materia orgánica y a un creciente número de cargas positivas en la superficie de los óxidos.

- Cambios en la disponibilidad de nutrientes; por ejemplo, la solubilidad del fósforo es reducida.
- Aumento de la solubilidad de los elementos tóxicos, por ejemplo, aluminio y manganeso.

Alcalinidad

Además, las áreas con suelos alcalinos ocurren predominantemente en regiones áridas y su ocurrencia depende del tipo de material del suelo original, de la vegetación, de la hidrología y del manejo del suelo, especialmente en áreas con sistemas de irrigación mal manejados. (FAO, 2000)

Salinidad

Así mismo los suelos salinos tienen altos contenidos de diferentes tipos de sales y pueden tener una alta proporción de sodio intercambiable. Los suelos fuertemente salinos pueden presentar eflorescencias en la superficie o costras de yeso (SOCa_4), sal común (ClNa), carbonato de sodio (CO_3Na_2) y otras. (FAO, 2000)

Condiciones del suelo

Por otra parte, la profundidad del suelo puede variar de unos pocos centímetros a varios metros. Las raíces de las plantas usan el suelo a profundidades que van de unos pocos centímetros a más de un metro; en algunos casos esas raíces pueden llegar a varios metros. (FAO, 2000)

Así mismo, la textura del suelo, se debe de considerar que la fase sólida está compuesta prevalentemente de partículas de naturaleza mineral, las que de acuerdo a su diámetro pueden ser clasificadas en fracciones de arena, limo y arcilla, además de grava gruesa, media y fina, la relación entre ellas determina la textura. La consistencia es la resistencia

del suelo a la rotura, su plasticidad y su tendencia a adherirse a otros objetos son aspectos de la consistencia del suelo que dependen de su textura, del contenido de materia orgánica, de la mineralogía del suelo y del contenido de humedad. (FAO, 2000)

Además, la estructura y la porosidad del suelo ejercen influencia sobre el abastecimiento de agua y de aire a las raíces, sobre la disponibilidad de los nutrimentos, sobre la penetración y desarrollo de las raíces y sobre el desarrollo de la microfauna del suelo, La densidad del suelo es la relación de la masa de las partículas de suelo seco con el volumen combinado de las partículas y los poros. Se expresa en g/cm^3 o t/m^3 . (FAO, 2000)

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Enmiendas:** Son prácticas agronómicas utilizadas para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, con el objetivo de obtener mayores rendimientos en los cultivos. (Arévalo, 2009)
- **Fertilidad del suelo:** Es la capacidad que tiene el terreno para sustentar el crecimiento de las plantas y optimizar el rendimiento de los cultivos. (Mejora de la fertilidad del suelo, 2018)
- **Fertilización:** Consiste en proporcionar a la planta los fertilizantes (sólidos o líquidos) que se han seleccionado y preparado previamente. (Cámara, 2017)
- **Fertilizante:** Es una mezcla química, natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo con nutrientes y favorecer el crecimiento vegetal. (Arévalo, 2009)
- **Nutrición.** Es el proceso para obtener los nutrientes que hay en los fertilizantes una vez que han sido aplicados al medio donde se

desarrolla las plantas, para que una vez absorbidos, puedan crecer y producir adecuadamente. (Cámara, 2017)

- **Nutrientes.** Son los elementos o compuestos químicos necesarios para el desarrollo de un ser vivo. (Arévalo, 2009)
- **Micronutrientes:** Son los elementos que se requieren en menores cantidades por los cultivos. (Manejo de Fertilizantes con Micronutrientes Intagri S.C., s. f.)
- **Macronutrientes:** Se pueden definir como los elementos necesarios en grandes cantidades para asegurar el crecimiento y la supervivencia de las plantas. (Macronutrientes del suelo, s. f.)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método utilizado en la presente investigación fue el experimental que consiste en observar, evaluar y analizar mediante pruebas estadísticas el crecimiento inicial de los plántones de las especies forestales de lento crecimiento (Quinilla, Copaiba y Cormiñon o Aceituna del monto) después de ser instalados previa fertilización con yaramila complex, fertibagra y la enmienda roca fosfórica.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población estuvo constituida por 150 plántones de cada una de las especies en estudio lo que viene a conformar un grupo de 450 plántones existente en el vivero del INIA.

3.2.2. Muestra

La muestra se seleccionó de los 150 plántones por especie existentes en el vivero de la estación experimental del INIA Pucallpa, el criterio de selección que estén sano y que representen las características intermedias de la población en cuanto a altura de planta. Por especies se seleccionó 90 plántones lo que hace un tamaño de muestra de 270 plantas.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Técnicas

Observación directa.

3.3.2. Instrumentos

- Para la colecta de la información obtenida en el campo se elaboró un cuestionario que incluía todas las variables a tomar en el campo como es el diámetro a la altura del cuello de la raíz (DACR), la altura total y el estado fitosanitario de cada una de las plantas.
- El estado fitosanitario se clasificó en tres categorías, bueno, regular y malo. Se consideró que el estado fitosanitario de la especie fue bueno cuando no presentaba ningún signo de presencia de alguna plaga o enfermedad; se clasificó como regular cuando presentaba signos de la presencia de alguna plaga o enfermedad en un máximo del 20% del número de sus hojas; y se clasificó como malo, cuando la planta presentaba signos de plaga o enfermedad en más del 20% del número de sus hojas.
- Así mismo, se utilizó un vernier digital para medir diámetro y una regla de 2.50 metros para medir la altura de las plantas.

3.4. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Instalación del experimento

La parcela se estableció en un área en los campos de la estación experimental INIA – Pucallpa, ubicada a la altura del km 3.00 de la Avenida Centenario. Las unidades muestrales se distribuyeron en un área de 54 x 45 metros haciendo un total de 2430 m² divididas en 18 columnas con 15 filas y una distancia entre planta de 3 x 3.

La primera operación que se realizó fue el desmalezado del área utilizando un tractor agrícola con rastra, después de un tiempo se realizó la plantación, antes de la apertura de los hoyos, se ejecutó otro desmalezado utilizando una cultivadora con motor a gasolina.

Luego se realizó el alineado y el marcado en el terreno de cada uno de los lugares donde se colocaría la unidad experimental. Para el alineado

se utilizó jalones a una distancia entre ellos de 3X3 metros, luego cada punto donde se colocaría una planta se marcó colocando unas estacas de 1 metro pintados en el extremo superior de color rojo. Durante este periodo también se tomó la primera muestra de suelo para realizar el primer análisis de suelo en el laboratorio del INIA.

Ya en agosto del 2017, se aperturó los hoyos para la plantación de las especies, estos hoyos tuvieron las dimensiones de 40X40X40 cm, debido a lo degradado del suelo.

La distribución de los plantones, se realizó de acuerdo al diseño experimental indicado en el presente trabajo.

Luego de la apertura de los hoyos, se procedió a agregar la roca fosfórica más el respectivo fertilizante en cada hoyo y de acuerdo al diseño de campo que se presenta en este documento.

En el caso de la roca fosfórica, se decidió agregar 100 gr por hoyo debido a que el análisis de suelo determinó un pH de 4.84 para el área donde se estableció la plantación.

Considerando el análisis de suelo, donde correspondía se agregaba 100 gramos de roca fosfórica más 100 gramos del respectivo fertilizante

De acuerdo a lo planeado en 90 hoyos se aplicó 100 gramos de roca fosfórica al que se denominó testigo, en 90 plantas se aplicó roca fosfórica más Yaramila complex y en 90 plantas roca fosfórica más Fertibagra. Estos compuestos fueron agregados en el fondo de los hoyos removidos con la tierra y luego se agregó una capa de uno a dos centímetros de tierra para que la enmienda y el fertilizante no entren en contacto directo con las raíces de la planta.

Luego se distribuyeron las plantas de Cormiñon, Copaiba y Quinilla de acuerdo al esquema de distribución de las plantas en campo. La altura y diámetro se midió en cm y el estado fitosanitario se determinó cada año.

3.4.2. Mantenimiento de la plantación

El mantenimiento de la plantación se realizó cada 45 días y consistió en el plateado de cada planta y cada 90 días la eliminación de la vegetación existente entre hileras con una cortadora de maleza que se denomina en la zona shindaiwa.

3.4.3. Muestreo y análisis del suelo

Antes de la instalación de la plantación se realizó el respectivo análisis de suelo en base a una muestra compuesta tomada entre los 0 y 20 cm de profundidad. La información completa del análisis de suelo se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados del análisis de suelos realizados al área de plantación antes de su instalación.

	Arena	Arcilla	Limo	Clase textural					
	20.24%	41.20%	38.56%	Arcilloso					
	PH	M.O(%)	N %	Fósforo (p.p.m.)	Aluminio (Cmol/Lt)	Potasio (Cmol/Lt)	Calcio (Cmol/Lt)	Magnesio (Cmol/Lt)	Bases totales (Cmol/Lt)
Valores	4.84	2.02	0.09	0.76	0.7	0.14	0.67	0.55	1.36
Interpretación	Muy fuertemente ácido	bajo	bajo	muy bajo	medio	muy bajo	muy bajo	bajo	bajo
	Conductividad eléctrica milimhos/cm a 25°C				Porcentaje de saturación de bases				
Valor calculado	0.03			33.93%		0.07	0.32	0.27	66.07%
Interpretación	No salino, efecto de salinidad casi nulo			Tóxico para plantas tolerantes		Medio	Bajo	Medio	Alto

Del análisis se desprende que el pH del suelo es muy fuertemente ácido; es muy bajo el contenido de fósforo, potasio, calcio; bajo es el contenido de materia orgánica, nitrógeno, magnesio y bases totales. En porcentaje de saturación de bases, el contenido de aluminio es tóxico para plantas tolerantes y la capacidad de intercambio catiónico es muy bajo.

Las condiciones expuestas permiten indicar que para un mejor desarrollo de las plantas a cultivar se debe de agregar alguna enmienda o fertilizantes que incrementen el pH y que incremente el contenido de fósforo, potasio, calcio, magnesio para que la planta pueda aprovecharla.

Teniendo en cuenta la deficiencia en fósforo, potasio calcio y magnesio se determinó experimentar el efecto de fertilizantes que se encuentran en el mercado y que en su composición tienen por lo menos uno de estos compuestos, optándose por dosis cercanas a las que se utilizaron en otros experimentos.

Elementos importantes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, manganeso se encuentran en condiciones muy bajas y el aluminio causante de antagonismo entre nutrientes en valor intermedio, dando a entender que estamos frente a un suelo altamente degradado, sumado al hecho que un CIC bajo nos indica que habrá dificultad para que el suelo retenga e intercambie nutrientes son indicadores claros de este hecho, tal como se aprecia en el análisis expuesto.

3.4.4. Composición química de enmiendas y fertilizante

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron dos fertilizantes y una enmienda cuya composición química se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Composición química de los fertilizantes utilizados en la presente investigación.

Fertilizantes	Composición	%
Yaramila Complex	Nitrógeno (N)	12
	Nitrógeno (N) Nitro (No3)	5
	Fósforo (P2O3)	11
	Potasio (K2O)	18
Fertibagra	Calcio (CaO)	14.0-20.0
	Potasio (K2O)	1.0-2.0
	Magnesio (MgO)	1.0-2.0
	Azufre (S)	1.0-2.0
	Hierro (Fe2O3)	0.3-0.6
Roca fosfórica	Fósforo (P2O5)	20-22
	Calcio (CaO)	30-32

En Yaramila complex y la roca fosfórica se tiene la presencia de fósforo y en roca fosfórica y fertibagra calcio, compuesto que ayuda a incrementar el pH del suelo así mismo yaramila complex y fertibagra tienen potasio en común.

3.4.5. Tratamientos y diseño experimental

Para el desarrollo del experimento se utilizaron tres especies, una enmienda (roca fosfórica) y dos fertilizantes comerciales, fertibagra y yaramila complex, para la determinación de los tratamientos se utilizó un arreglo factorial donde se combinaron dos factores (especies y enmiendas) y tres niveles de cada uno de ellos, formándose un arreglo factorial de 3 especies X 3 compuestos, dando lugar a 9 tratamientos los que se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Tratamientos, especies, fertilizantes y dosis que se consideraron en la investigación.

N° Trat.	Especie	Enmienda y/o fertilizante	Dosis
T1		RF+Yaramila complex	100+100 gramos
T2	Cormiñon	RF+Fertibagra	100+100 gramos
T3		Roca Fosfórica	100 gramos
T4		RF+ Yaramila complex	100+100 gramos
T5	Copaiba	RF+Fertibagra	100+100 gramos
T6		Roca Fosfórica	100 gramos
T7		RF+Yaramila Complex	100+100 gramos
T8	Quinilla	RF+Fertibagra	100+100 gramos
T9		Roca Fosfórica	100 gramos

Cada tratamiento tuvo 30 unidades experimentales conformadas cada una por un plantón de la respectiva especie, haciendo un total de 270 unidades experimentales que se dividieron en 90 unidades experimentales por especie *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer, *Vitex cymosa*. Bertero ex Sprengel y *Manilkara bidentata* (A. DC.), que a su vez se desglosó en 30 para roca fosfórica + Fertibagra; 30 unidades experimentales para Yaramila complex + Roca fosfórica y 30 unidades experimentales con solo roca fosfórica para cada especie.

El diseño experimental utilizado fue el completo al azar con arreglo factorial.

3.4.6. Medición de los datos biométricos

Los parámetros que se evaluaron para la investigación fueron: la altura de la planta, diámetro del tallo de la planta. La primera evaluación se realizó después de los treinta días de haber realizado el recalce. A los doce meses se realizó la evaluación de la altura, diámetro y el estado fitosanitario y se obtuvo las medidas de las especies forestales.

3.5. PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos colectados en campo fueron ingresados a una base de datos en el programa Excel y con los mismos se elaboraron tablas y figuras que nos ayudaron a lograr los objetivos trazados.

3.6. TRATAMIENTO DE DATOS

Como se indicó se utilizó el diseño completo al azar con arreglo factorial y por lo tanto para el tratamiento de datos se utilizó el procedimiento que es usual en los arreglos factoriales para realizar el ANVA con cada una de las variables dependientes medidas como son el diámetro a la altura del cuello de la raíz (DACRS) y la altura total, para esto se utilizó un software libre.

En los casos en que el ANVA demostraba que existía diferencia significativa entre tratamientos, se realizó la prueba de Tukey para muestras con diferentes unidades experimentales.

Utilizando las fórmulas correspondientes se determinó el incremento corriente anual (ICA) y el Incremento Periódico (IP) de dos años, de las variables altura y diámetro de las especies que lo permitan.

En todos los casos, para la toma de decisión se trabajó con el P-valor en donde: si el P-valor es menor a 0.05 habrá significancia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. SUPERVIVENCIA DE ESPECIES UTILIZADAS EN EL ENSAYO

La supervivencia de las tres especies ensayadas se presenta en la tabla 6 y figura 1, en ella podemos observar que para el caso de *V. cymosa* este valor está comprendido entre 73 y 87 por ciento, valor considerado bueno por (Centeno, 1993), en el caso de *C. paupera* la supervivencia está comprendida entre 47 y 67 por ciento calificándose como regular y en el caso de *M. bidentata* entre 47 y 83%, como buena. (Centeno, 1993)

La supervivencia de *V. cymosa* con los dos fertilizantes y la enmienda son superiores a la supervivencia para la misma especie obtenida por Aguirre & León (2011), que lograron supervivencia de 66.7%. Se tiene que tener en cuenta que son muchos los factores que intervienen en la supervivencia en plantaciones siendo uno de los principales la calidad de la planta, la preparación del terreno y el mantenimiento oportuno.

El promedio de supervivencia de todas las especies es de 67.5%, superior al obtenido por Aguirre & León (2011) quienes estudiando 15 especies de la Amazonía ecuatoriana obtuvieron un promedio de 60.36%.

Con Yaramila complex se obtiene los mayores valores de supervivencia de las plantas pudiéndose deber a que este fertilizante tiene los principales nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas como son el nitrógeno, fósforo y potasio.

Tabla 6. Porcentaje de supervivencia de las especies *Vitex cymosa*. Bertero ex Sprengel (cormiñon), *Copaifera paupera* (Herz.) Dwyer (Copaiba), *Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev (quinilla).

Fertilizantes y enmienda	Especies		
	Cormiñon	Copaiba	Quinilla
Yaramila Complex	87	67	83
Fertibagra	77	50	47
Roca Fosfórica	73	47	77

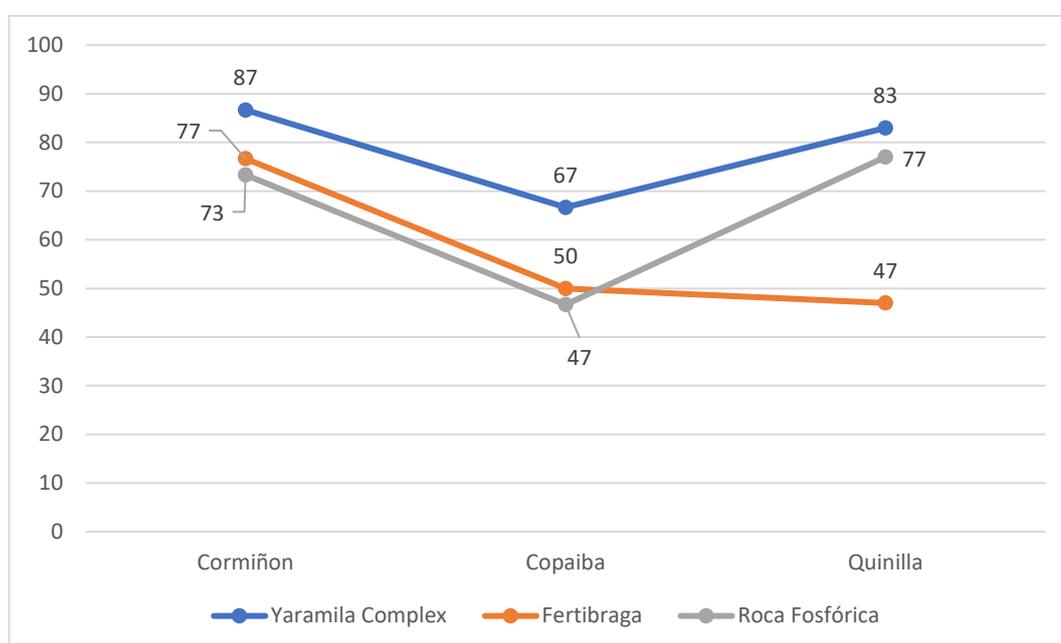


Figura 1. Porcentaje de supervivencia de las especies *Vitex cymosa*. Bertero ex Sprengel (cormiñon), *Copaifera paupera* (Herz.) Dwyer (Copaiba), *Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev (quinilla).

4.2. EFECTO DE ROCA FOSFÓRICA Y DOS FERTILIZANTES EN EL CRECIMIENTO INICIAL EN ALTURA DE TRES ESPECIES FORESTALES EN UN SUELO DEGRADADO DE PUCALLPA

Según la figura 2, la especie que tuvo un mayor crecimiento en altura fue *Vitex cymosa* Bertero ex Sprengel bajo el efecto de roca fosfórica (168 cm) y el que menos creció fue copaiba bajo el efecto de yaramila complex

(37 cm). En todas las especies se puede observar que hay una ligera diferencia en el crecimiento en altura al utilizar los diferentes tratamientos. Teniendo en cuenta este detalle y para comprobar si existe una diferencia significativa en el efecto de los fertilizantes en las diferentes especies se procedió a realizar el ANVA.

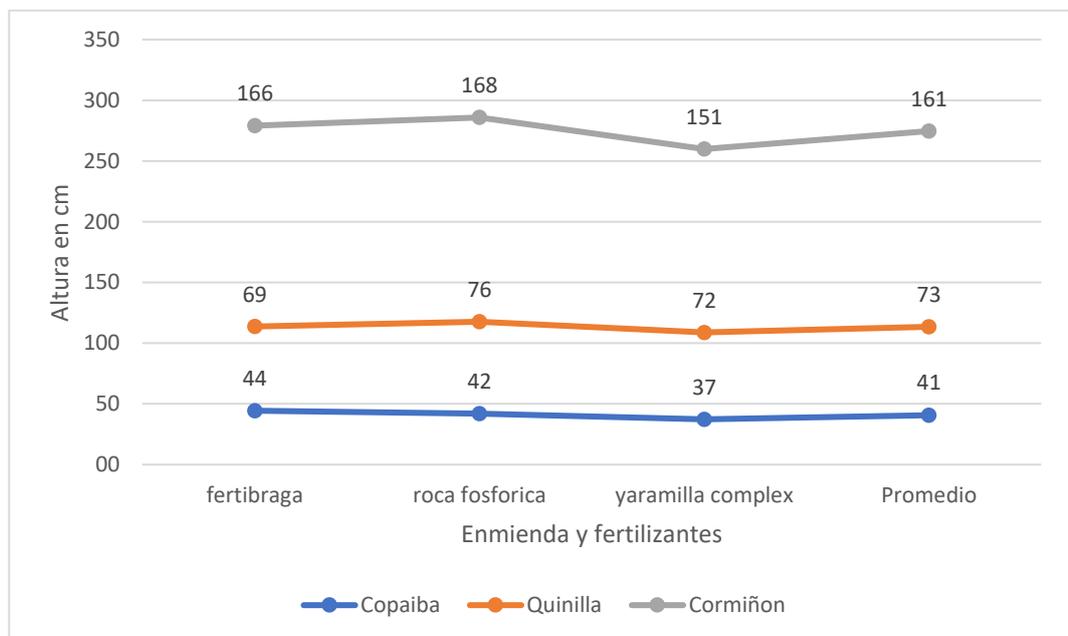


Figura 2. Efecto de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en altura de tres especies forestales en un suelo degradado de Pucallpa.

El ANVA presentada en la tabla 7, muestra que existe una diferencia significativa en el crecimiento entre las especies más no entre los fertilizantes y también no existe una interacción significativa entre las especies y los fertilizantes.

Tabla 7. ANVA para Efecto de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en altura de tres especies forestales en un suelo degradado de Pucallpa.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	567468,167 ^a	8	70933.52	31.63	0.000
Intersección	1653309.116	1	1653309.12	737.15	0.000
Especie	553438.641	2	276719.32	123.38	0.000
Fertilizante	2985.599	2	1492.80	0.67	0.515
Especie *	2312.434	4	578.11	0.26	0.905
Fertilizante					
Error	450812.186	201	2242.85		
Total	3084179.922	210			
Total corregido	1018280.353	209			

a. R al cuadrado = ,557 (R al cuadrado ajustada = ,540)

b. Se ha calculado utilizando Alpha = ,05

Para determinar entre cuales especies existe diferencia significativa en el crecimiento en altura se realizó la prueba de Tukey cuyos resultados se presentan en la tabla 8, pudiéndose observar que cada una de las especies tiene un crecimiento en altura significativamente diferente al otro, ya que cada una forma un sub conjunto.

Tabla 8. Prueba de Tukey para determinar la diferencia de crecimiento inicial en altura de las especies ensayadas en un suelo degradado de Pucallpa.

Especie	N	Subconjunto		
		1	2	3
Copaiba	56	40.7321		
Quinilla	71		72.6592	
Cormiñon	83			161.3133

Notas: Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 2242,847.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 68,198.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.
- c. Alfa = ,05.

Para comprobar la no significancia entre la roca y los fertilizantes utilizados, se hizo la prueba de Tukey para fertilizantes cuyos resultados se presentan en la tabla 9, y como se aprecia en la tabla, todos los promedios de roca y los fertilizantes forman un solo grupo, lo que corrobora que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los promedios del crecimiento en altura usando la roca fosfórica y los dos fertilizantes, hecho que es visibilizado en la figura 3, donde se puede observar que los promedios de altura de cada una de las especies es más o menos igual en relación a la roca fosfórica y a los dos fertilizantes utilizados.

Tabla 9. Prueba de Tukey para determinar el efecto de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en altura de tres especies forestales en un suelo degradado de Pucallpa.

Fertilizante	N	Subconjunto 1
Yara	81	90.2815
Roca	70	101.8714
Ferti	59	108.2203

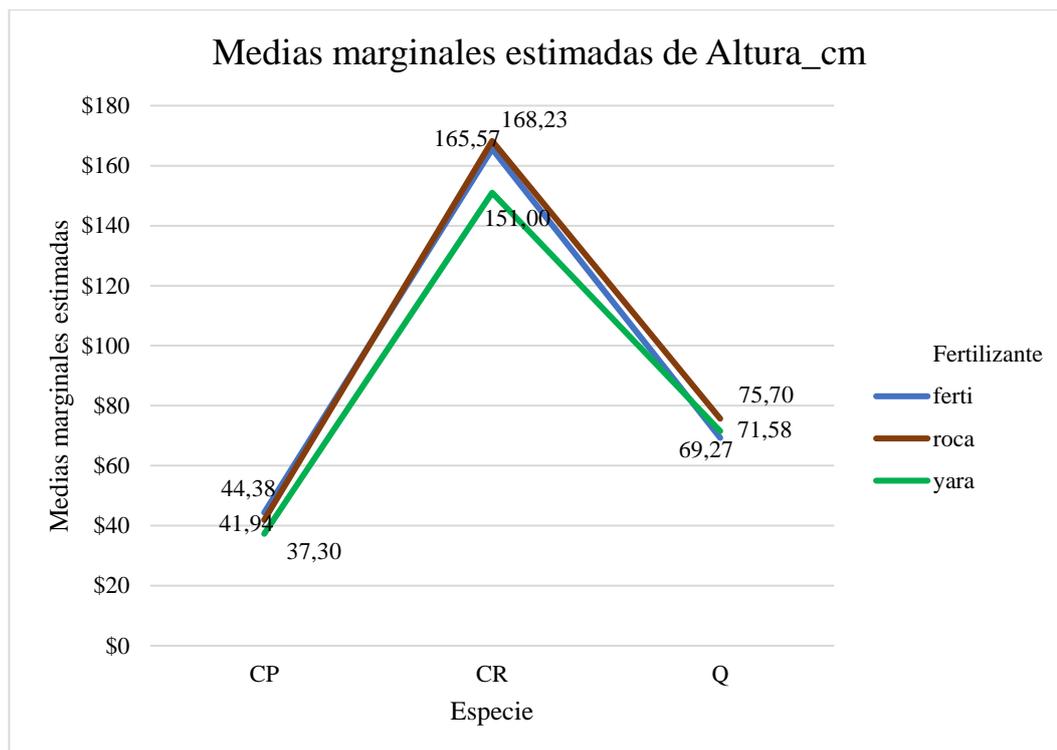


Figura 3. Representación del efecto de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en altura de tres especies forestales en un suelo degradado de Pucallpa.

4.3. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE ROCA FOSFÓRICA Y DOS FERTILIZANTES EN EL CRECIMIENTO INICIAL EN DIÁMETRO DE TRES ESPECIES FORESTALES EN UN SUELO DEGRADADO DE PUCALLPA.

En la figura 4 se representa el efecto de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en diámetro de las tres especies estudiadas, pudiéndose observar que la especie que más creció en diámetro es cormiñon cuando estuvo bajo el efecto de la roca fosfórica y fertibagra y el que menos creció fue copaiba, que se caracterizó por tener casi el mismo crecimiento en diámetro bajo el efecto de la roca fosfórica y los fertilizantes ensayados.

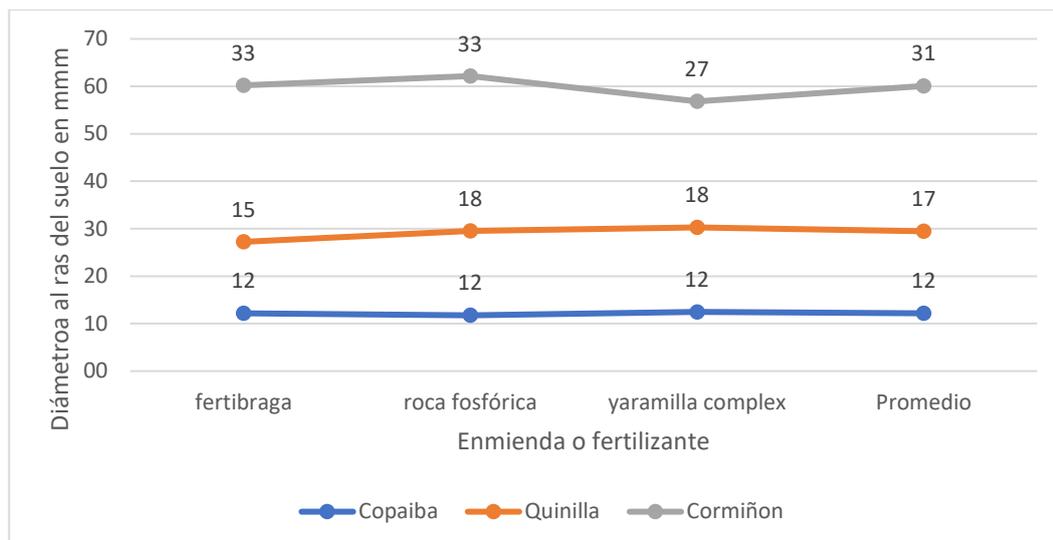


Figura 4. Crecimiento inicial en DACR de tres especies forestales usando roca fosfórica y dos fertilizantes en un suelo degradado.

Realizado el análisis de varianza, cuyos resultados se muestran en la tabla 9, podemos decir que existe una diferencia significativa en los promedios de crecimiento en diámetro a la altura del suelo de entre las especies, así mismo que existe una interacción estadísticamente significativa entre las especies y los mejoradores de suelo utilizados, pero no existe diferencia significativa entre el promedio de los mejoradores de suelos existente.

Tabla 10. Análisis de varianza del efecto de una enmienda y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en DACR de 3 especies forestales en un suelo degradado.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	13773,423 ^a	8	1721.68	28.14	0.000
Intersección	74981.025	1	74981.03	1225.59	0.000
Especie	13061.413	2	6530.71	106.75	0.000
Fertilizante	119.020	2	59.51	0.97	0.380
Especie * Fertilizante	625.580	4	156.40	2.56	0.040
Error	12113.504	198	61.18		
Total	119424.976	207			
Total corregido	25886.927	206			

a. R al cuadrado = ,532 (R al cuadrado ajustada = ,513)

Teniendo en cuenta que existe interacción entre las especies y mejoradores de suelo, se debe hacer la prueba de comparación de medias entre especies y entre mejoradores de suelo utilizados.

Los resultados de la prueba de Tukey para especies se presentan en la tabla 10. Como en el caso del crecimiento en altura, en este caso también cada especie tiene un crecimiento diferenciado, es decir cada una tiene una velocidad de crecimiento diferente, siendo mayor el de cormiñon (30.6 mm) y menor el de copaiba (12.2 mm), teniendo un valor intermedio, quinilla con 17.3 mm

Tabla 11. Prueba de Tukey para determinar la diferencia de crecimiento inicial en diámetro a la altura del cuello de la raíz (DACR) en mm de las especies ensayadas en un suelo degradado de Pucallpa.

Especie	N	Subconjunto		
		1	2	3
Copaiba	56	12.2		
Quinilla	68		17.3	
Cormiñon	83			30.6

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 61,179.

- Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 67,248.
- Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.
- Alfa = ,05.

En la tabla 11 se presenta los resultados de la prueba de Tukey para el efecto de la roca fosfórica y los fertilizantes en el crecimiento en diámetro de las especies en estudio. Se puede observar en el cuadro, que se forman dos grupos, entendiéndose que los resultados en el crecimiento en diámetro será el mismo en estas especies si se utiliza Yaramila complex o roca fosfórica, así mismo, si se utiliza Roca fosfórica o Fertibagra, pero que sería mejor utilizar uno de estos dos últimos porque se obtienen mayores crecimientos en diámetro a la altura del suelo.

Tabla 12. Prueba de Tukey para determinar la diferencia de crecimiento inicial en diámetro a la altura del cuello de la raíz (DACR) en mm de las especies ensayadas en relación a la roca fosfórica y fertilizantes utilizados, en un suelo degradado de Pucallpa.

Fertilizante	N	Subconjunto	
		1	2
Yaramila complex	81	19.424	
Roca fosfórica	70	21.835	21.835
Fertibagra	56		23.188

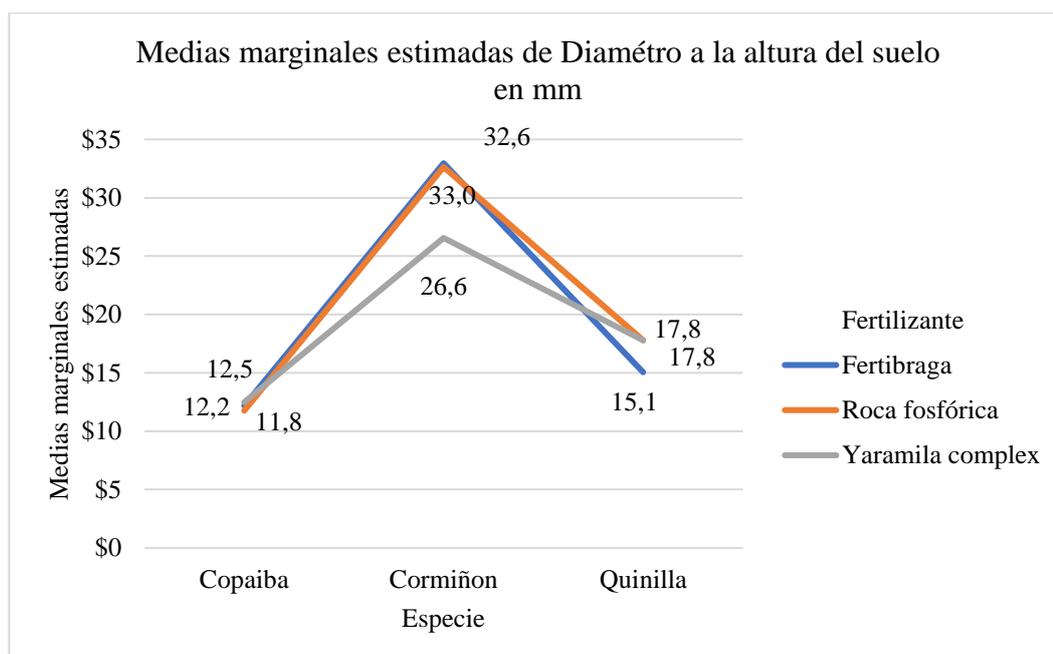
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 61,179.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 67,433.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

c. Alfa = ,05.

En la figura 5, se presenta el efecto de los mejoradores de suelo en las especies, pudiéndose observar que, en copaiba, el efecto de los mejoradores de suelo es casi igual, observándose una mayor variación de efecto de los mejoradores de suelo en cormiñon y quinilla.



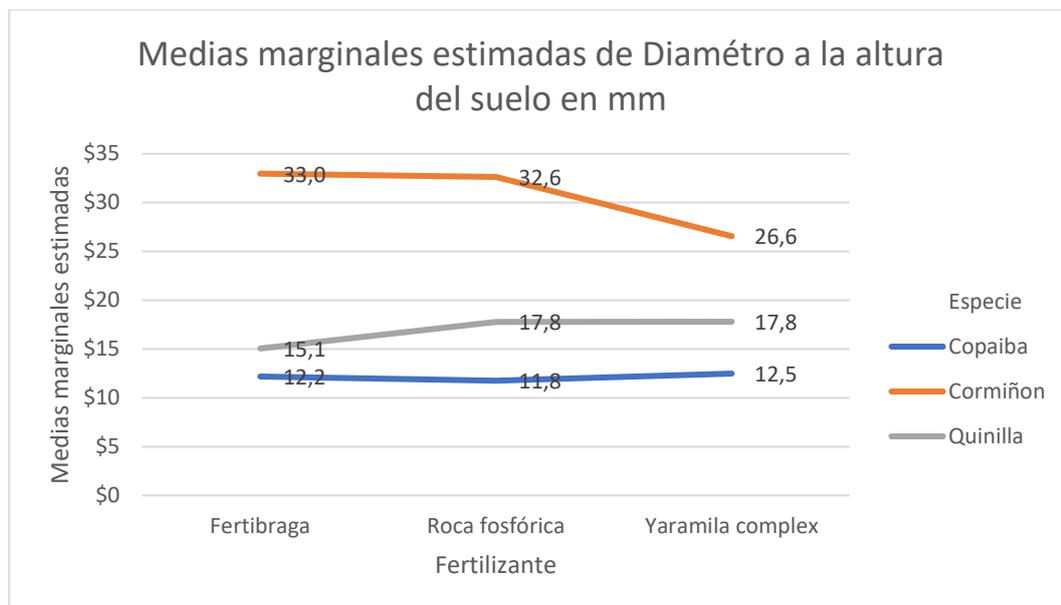


Figura 5. Representación del efecto de roca fosfórica y dos fertilizantes en el crecimiento inicial en diámetro a la altura del cuello de la raíz (DACR) en mm de tres especies forestales en un suelo degradado de Pucallpa.

4.4. EVALUACIÓN DE LA ROCA FOSFÓRICA Y DOS FERTILIZANTES EN EL ESTADO FITOSANITARIO DE TRES ESPECIES FORESTALES EN UN SUELO DEGRADADO DE PUCALLPA

En la tabla 12, se aprecia que cormiñon tiene el mayor porcentaje de especímenes con estado fitosanitario entre sano y regular (88%) seguido de quinilla (79%) y luego copaiba (52%). Al estar sometidas las tres especies a la misma enmienda y fertilizantes, la diferencia entre ellas solo puede ser atribuida a las características propias de la especie, como se sabe cada especie tiene un comportamiento de crecimiento específico, entre ellas podemos mencionar que se considera a quinilla y copaiba como especies esciófitas, por lo que uno de los motivos para que presenten menor grado de plantas con estado fitosanitario entre buena y regular es el hecho que se les plantó en campo abierto, ambiente que puede ser considerado inadecuado para estas especies.

Si observamos los porcentajes relacionados a los fertilizantes, en la tabla 12 se puede apreciar que en las tres especies se observa un mayor

porcentaje de plantas con buen o regular estado fitosanitario en aquellas plantas que se sometieron a la acción de yaramila complex (quinilla y cormiñon 97%, copaiba 53%), seguido de aquellas que recibieron solo roca fosfórica (quinilla 90%, cormiñon 83% y copaiba 53.3%). Si consideramos yaramila complex tiene en su composición nitrógeno, fósforo y potasio, podemos suponer que la acción conjunta de estos tres nutrientes favorece el buen estado de las plantas, a esto podemos agregar que, teniendo en cuenta que la roca fosfórica tiene en su composición fósforo y calcio, podemos suponer que el fósforo es uno de los principales nutrientes que favorecen el buen estado de las plantas, pero en menor medida que si se proporcionaría a la planta N, P y K.

Tabla 13. Efecto evaluación de la roca fosfórica y dos fertilizantes en el estado fitosanitario de tres especies forestales en un suelo degradado.

Especies	Estado Fitosanitario					
	Bueno	%	Regular	%	Malo	%
Copaiba	10	3.70	37	13.70	43	15.93
Fertibagra	3	1.11	10.00	3.70	17	6.30
Roca	4	1.48	12.00	4.44	14	5.19
Yaramila	3	1.11	15.00	5.56	12	4.44
Cormiñon	28	10.37	51	18.89	11	4.07
Fertibagra	12	4.44	13.00	4.81	5	1.85
Roca	9	3.33	16.00	5.93	5	1.85
Yaramila	7	2.59	22.00	8.15	1	0.37
Quinilla	16	5.93	55	20.37	19	7.04
Fertibagra	7	2.59	8.00	2.96	15	5.56
Roca	5	1.85	22.00	8.15	3	1.11
Yaramila	4	1.48	25.00	9.26	1	0.37

En la figura 6, se representa el efecto de los fertilizantes en el estado fitosanitario de la copiaba, en esta figura se puede observar un mayor porcentaje de individuos en buenas condiciones utilizando roca fosfórica,

un mayor porcentaje de individuos en estado regular cuando se usó yaramila complex y un mayor porcentaje de individuos en malas condiciones utilizando fertibagra.

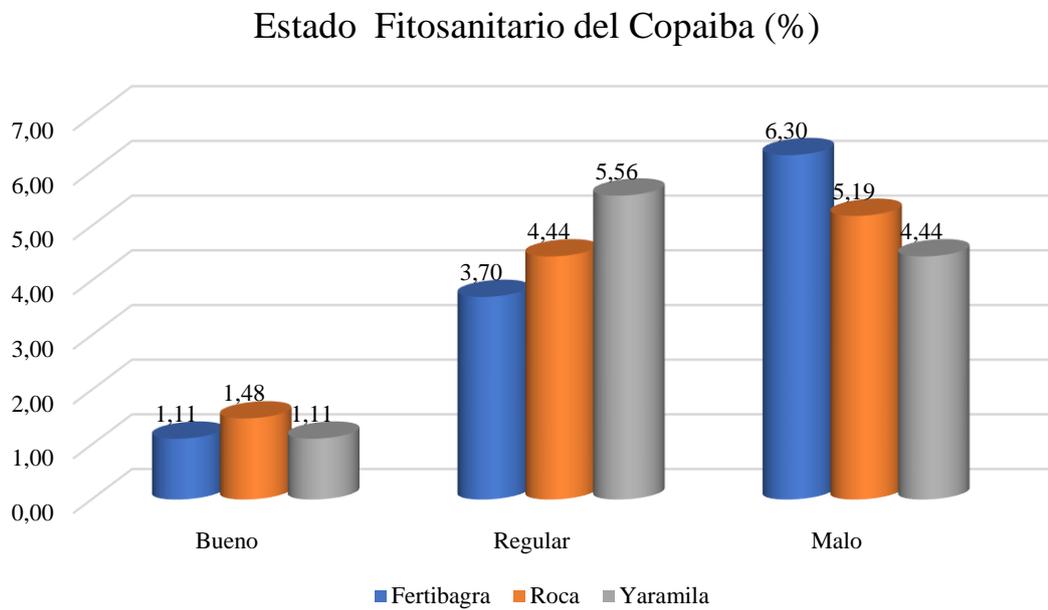


Figura 6. Estado fitosanitario de *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer utilizando dos fertilizantes y una enmienda en un suelo degradado.

La figura 7 representa el efecto del estado fitosanitario de corniñón, pudiéndose observar, que en este caso el mayor porcentaje de plantas en buen estado se consiguió utilizando fertibagra, el mayor porcentaje de plantas regulares utilizando yaramila complex.

Estado Fitosanitario de Cormiñon (%)

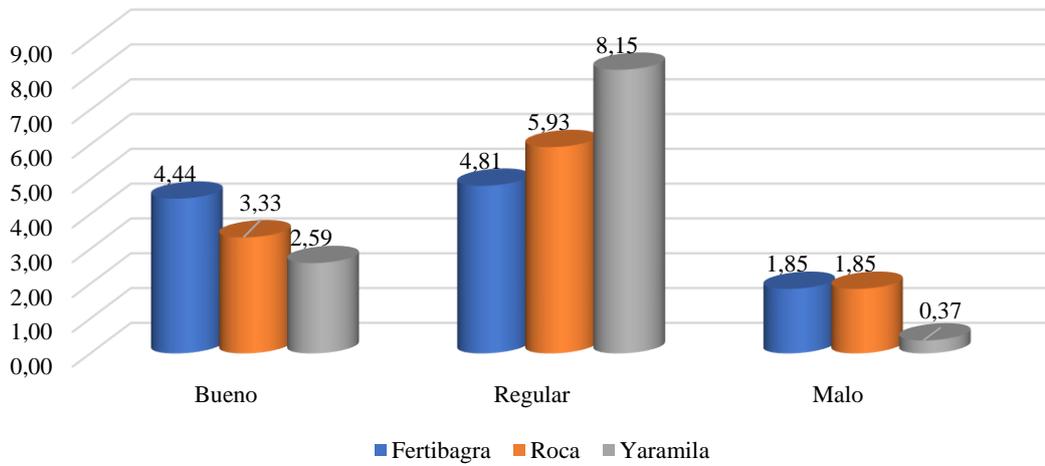


Figura 7. Estado fitosanitario de *Vitex cymosa*. Bertero ex Sprengel utilizando dos fertilizantes y una enmienda en un suelo degradado.

El estado fitosanitario de quinilla se encuentra representado en la figura 8, obteniéndose mayores porcentajes de plantas en buen estado utilizando fertibagra y el mayor porcentaje de individuos en regular estado utilizando yaramila complex.

Estado Fitosanitario de Quinilla (%)

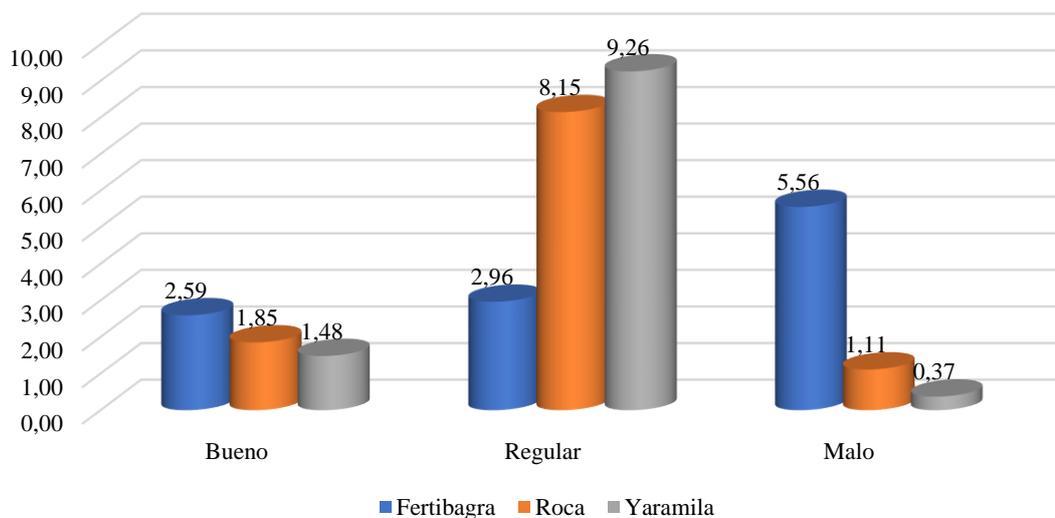


Figura 8. Estado fitosanitario de *Manilkara bidentata* (A. DC.) utilizando dos fertilizantes y una enmienda en un suelo degradado.

4.5. INFLUENCIA DE LOS FERTILIZANTES, YARAMILA COMPLEX Y FERTIBAGRA, Y DE LA ENMIENDA ROCA FOSFÓRICA EN EL INCREMENTO CORRIENTE ANUAL (ICA) Y EL INCREMENTO MEDIO ANUAL (IMA), DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS

4.5.1. Efecto de los fertilizantes Yaramila complex y Fertibagra, y la enmienda roca fosfórica en el Incremento Corriente Anual (ICA) de las especies en estudio

- **En el ICA de la altura, en centímetros, correspondiente a los dos primeros años de evaluación de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada**

La información correspondiente al ICA de la altura de las especies en estudio en relación al fertilizante y enmienda utilizada es presentada en la tabla 13 y figura 9. En la tabla y figura mencionada se observa que los mayores ICAs de la altura corresponden a *V. cymosa* tanto en el primer como segundo año, entre 17 y 20 cm el primer año y entre 53 y 79 cm el segundo año. Así mismo, los menores ICAs corresponden a *C. paupera*, con valores comprendidos entre 5 y 6 cm, el primer año y 17 y 26 cm, el segundo año, estos datos son muy inferiores al ICA de *Cordia alliodora* obtenida por (Vallejos et al., 2020) que fue de 1.16 m o 116 cm.

Según Peñuelas y Ocaña (2000) mencionado por (Vallejos et al., 2020), el ritmo de crecimiento de las plantas en un bosque varía, en cada género y especie, en función de sus propias características, en bosques plantados, también se suma a esta variación la influencia que ejerce la calidad de la planta obtenida en vivero, este autor agrega que incluso conocer la fertilización más adecuada para una especie, implica ya, en sí, otro grado de dificultad.

Tabla 14. ICA de la altura de las especies en estudio, en centímetros, correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmienda utilizada.

Especie	Yaramila complex	Fertibraga	Roca Fosfórica
Cormiñon ICA Alt año 1	17.0	36.0	20.0
Copaiba ICA Alt año 1	6	5	5.0
Quinilla ICA Alt año 1	9	16	15
Cormiñon ICA Alt año 2	53.0	73.0	79.0
Copaiba ICA Alt año 2	17	26	23.0
Quinilla ICA Alt año 2	38	24	26

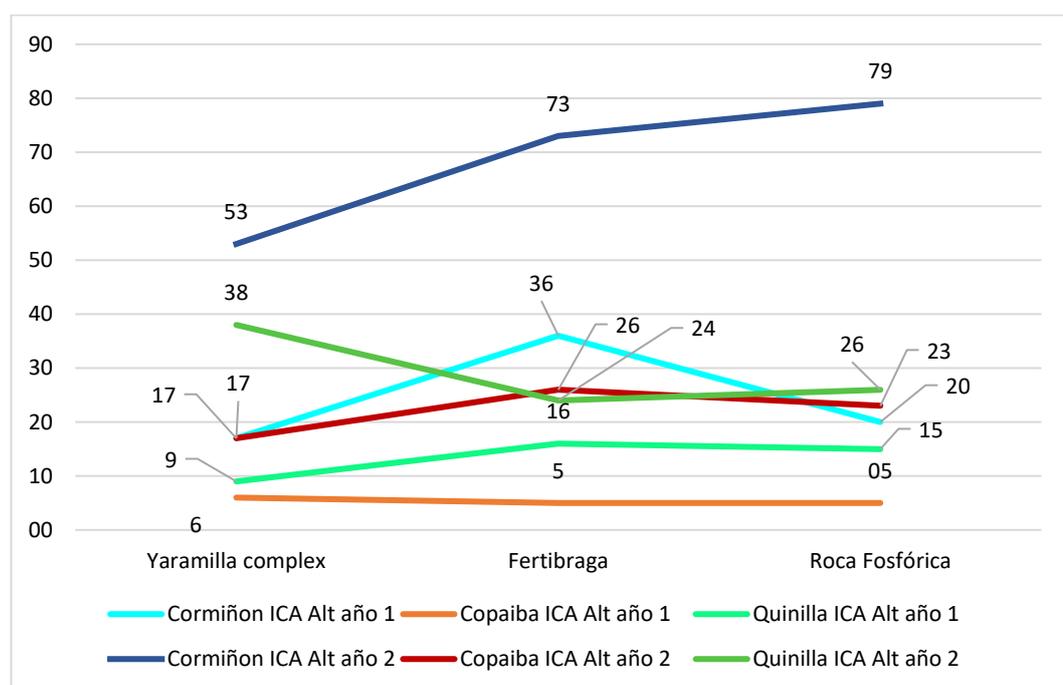


Figura 9. ICA de la altura de las especies en estudio, en centímetros, correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.

- **En el ICA del diámetro a la altura del cuello de la raíz (DACR), en mm, correspondiente a los dos primeros años de evaluación de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.**

En la tabla 14 y la figura 10 se presenta el ICA del DACR correspondientes a los dos primeros años de establecida la plantación, para las tres especies en estudio en relación a los fertilizantes y enmienda utilizada. El primer año el ICA varía entre 17.9 mm/año para *V. cymosa* con roca fosfórica y 2.2 mm/año para para *C. paupera* con yaramila complex. En el segundo año, el ICA disminuye y se desplaza entre 14.1 mm/año para *V. cymosa* con fertibagra y 3.8 mm/año para *C. paupera* con fertibagra.

Dentro de las especies, los mayores ICAs para el DACR tanto en el año 1 como en el año 2 son reportados para *V. cymosa* (corniñon), estos valores están comprendidos entre 11.6 mm (con yaramila complex) y 17.9 mm (con roca fosfórica), en el segundo año ya se observa una disminución del ICA de esta especie y los valores obtenidos están comprendidos entre 8 mm y 14.1 mm. Para esta especie el efecto de los fertilizantes varia de un año para otro, es así que en el primer año se obtiene mayores ICA con roca fosfórica y el segundo año los mayores ICA se obtienen con fertibagra. Es por eso que, en la prueba de Tukey, estos dos fertilizantes reportan igual efecto en el caso de esta especie.

En el caso de *C. paupera* (copaiba), el ICA para el DACR, el primer año, varía entre 2.2 (con yaramila complex) y 4.5 mm (con roca fosfórica), ya el segundo año, estos valores pasan a ser 4.5 mm con yaramila complex y 5.0 con roca fosfórica.

Para *M. bidentata* (quinilla) los valores del ICA del DACR para el primer año varía entre 3.5 y 8.9 mm/año y el segundo año entre 4.5 y 7.4 mm. Los valores reportados en este estudio son parecidos a los obtenidos por Alder (2002) mencionado por Rivera et al., (2013) que estimó incrementos anuales de 5.7 mm. Así mismo, los valores máximos del primer año son similares a los obtenidos por Peacock et al., (2007) quien en Perú

encontró incrementos diamétricos anuales de 9 mm y en todos los casos, los valores obtenidos para esta especie en el presente trabajo, son inferiores a los reportados por Forget et al., (2001) en la Guyana Francesa que reportó incrementos dimétricos anuales de 17 mm. Rivera et al., (2013) resalta la alta variabilidad de los ICAs para esta especie en la Amazonía, lo que trae consigo que la edad de los árboles con 90 cm de Dap, pueda oscilar entre 158 y 1003 años.

Tabla 15. ICA del DACR de las especies en estudio, en milímetros, correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.

Especie	Yaramilla complex	Fertibraga	Roca Fosfórica
Cormiñon ICA DACR año 1	11.6	12.4	17.9
Copaiba ICA DACR año 1	2.2	3.3	4.5
Quinilla ICA DACR año 1	3.5	5.8	8.9
Cormiñon ICA DACR año 2	8.0	14.1	8.5
Copaiba ICA DACR año 2	4.5	3.8	5.0
Quinilla ICA DACR año 2	7.4	4.9	4.5

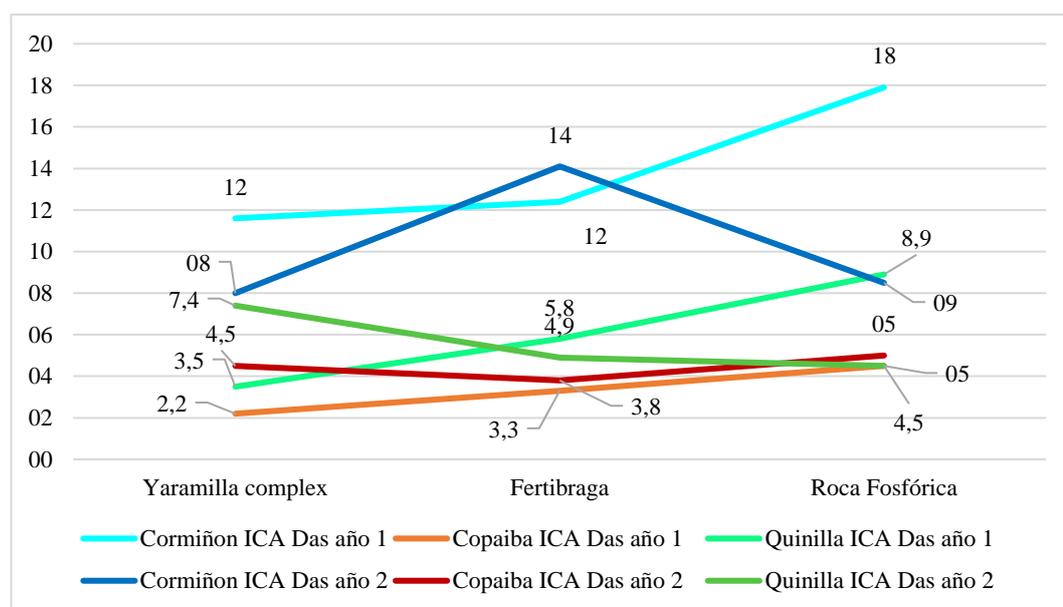


Figura 10. ICA del DACR de las especies en estudio, en milímetros, correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.

4.5.2. Efecto de los fertilizantes Yaramila complex, Fertibagra, y la enmienda roca fosfórica en el incremento medio anual (IMA) de las especies en estudio

- **En el IMA de la altura, en centímetros, correspondiente a los dos primeros años de evaluación de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada**

Los valores del IMA para la altura a los dos años de establecida la plantación, para las tres especies en relación a los dos fertilizantes y la enmienda se presentan en la tabla 15 y la figura 11, estos valores son mayores para el cormiñon que fluctúa entre 26.5 y 39.5 cm/año, seguido de la quinilla, con valores entre 12 y 19 cm/año y al final está el IMA de copaiba que solo logró un IMA entre 8.5 y 13 cm/año.

Autores como Aguirre & León (2011) determinaron para cormiñon un IMA para la altura de 1.22 m. valor superior al obtenido en el presente estudio. Estos autores también encontraron valores parecidos a los obtenidos en este trabajo para especies de la Amazonía ecuatoriana como 36 cm para *Tabebuia chrysantha*, 32 cm para *Eugenia stipitata*, 56 cm para *Dacryodes peruviana*, lo que nos indica que algunas especies de la Amazonía, como las nuestras, tienen IMAs bastante reducidos, factor que desincentiva el establecimiento de plantaciones con estas especies debido a que se necesita de mayor trabajo para poder lograr el establecimiento de la plantación.

En relación a *C. paupera*, Flores (2018), determinó IMAs para la altura de esta especie de 43.5 cm/año en plantaciones puras, valores superiores a los obtenidos en este estudio donde el valor máximo de IMA fue de 13 cm utilizando fertibagra. El mismo autor reporta para plantaciones en fajas de enriquecimiento, IMAs para la altura total comprendidas entre 28 y 58 cm, también superiores a los obtenidos en el presente trabajo.

Los mismos autores, también determinaron un IMA promedio para 15 especies de la Amazonía ecuatoriana que van desde 219 cm/año a 111 cm/año a las que calificaron de crecimiento rápido Aguirre & León (2011), por lo tanto, como es sabido, las especies con las que trabajamos se califican como de lento crecimiento.

Según los datos presentados en la tabla 15 y figura 11, en relación a los fertilizantes y roca fosfórica, se tienen valores, para yaramila complex, que fluctúan entre 26.5 cm/año y 8.5 cm/año; para fertibagra estos valores de IMA varían entre 36.5 y 12 cm/año y para roca fosfórica entre 39.5 y 11.5. Esto nos permite concluir que el efecto de cada uno de los fertilizantes y de la enmienda es diferente en cada especie, de ahí la importancia de seguir realizando investigaciones tendientes a determinar las mejores fórmulas de fertilización de acuerdo a cada una de las especies que tenemos en nuestra región, y es que cada especie tiene un requerimiento propio de nutrientes.

Tabla 16. IMA de la altura de las especies en estudio, en centímetros, correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.

Especie	Yaramila complex	Fertibagra	Roca Fosfórica
Cormiñon IMA Alt al año 2	26.5	36.5	39.5
Copaiba IMA Alt al año 2	8.5	13.0	11.5
Quinilla IMA Alt al año 2	19.0	12.0	13.0

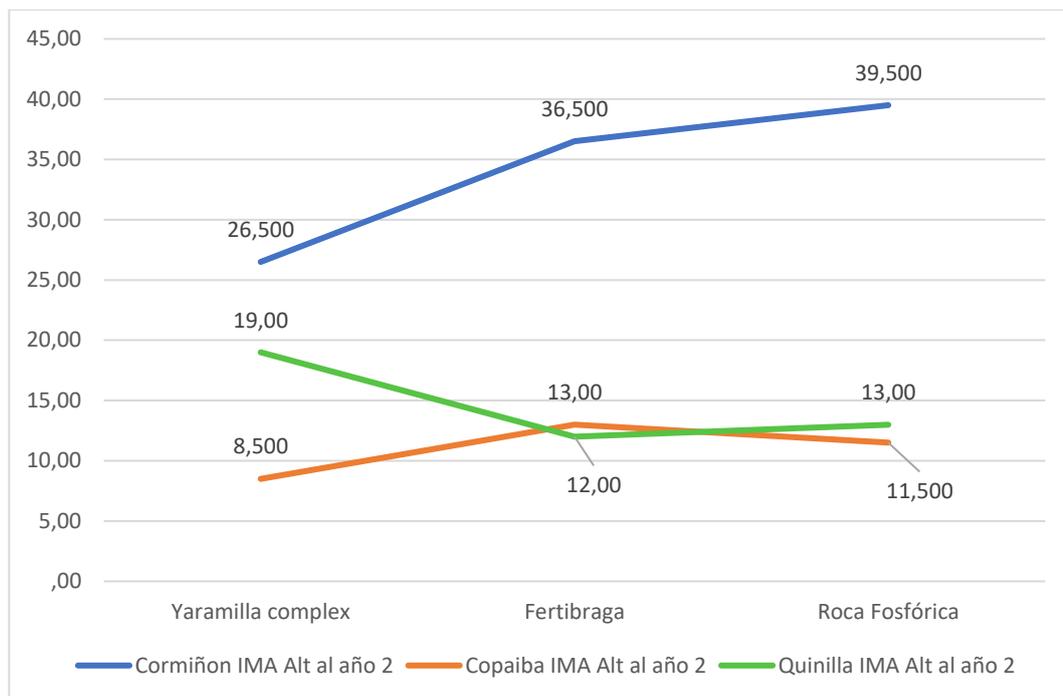


Figura 11. IMA de la altura de las especies en estudio, en centímetros, correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.

Para *M. bidentata* (Brenes et al., 2015) determinó crecimientos en altura de 0.63 cm/mes en sitios secos y 0.60 cm en sitios húmedos.

- **En relación a los IMA para el diámetro a la altura del suelo**

En relación al IMA para el diámetro a la altura del suelo, se tiene valores comprendidos entre 4 a 7.1 mm para cormiñon, de 1.9 a 2.5 mm para copaiba y 2.3 a 3.7 mm para quinilla (tabla 16 y figura 12).

Los valores obtenidos para cormiñon por Aguirre & León (2011) fueron de 146 mm, valor bastante superior al obtenido en este estudio.

En cuanto a *C. paupera* Flores (2018), realizando estudios en el Bosque Nacional Alexander Von Humboldt, encontró un IMA de 7 mm y en otras plantaciones de sólo 3.5 mm al año en plantaciones puras calificándola de lento crecimiento. Este mismo autor encontró IMAs para el DAP comprendidos entre 35 y 75 mm. Así mismo, (Ramirez & Arroyo,

1990) estudiando poblaciones de *C. publifera*, especie emparentada con la especie estudiada en este trabajo, encontró un IMA de 2.59 mm/año en los altos Llanos Centrales de Venezuela, valor muy por debajo de los obtenidos en el presente trabajo.

Para el caso de *M. bidentata* Laurance et al., (2004) encontraron un IMA del diámetro a la altura del pecho (DAP) entre 13 y 24 mm con un promedio de 7 mm/año, valores entre los que se ubican los encontrados en el presente trabajo.

Tabla 17. IMA del DACR, en milímetros, de las especies en estudio correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.

Especie	Yaramilla complex	Fertibraga	Roca Fosfórica
Cormiñon IMA DACR año 2	4.0	7.1	4.3
Copaiba IMA DACR año 2	2.3	1.9	2.5
Quinilla IMA DACR año 2	3.7	2.5	2.3

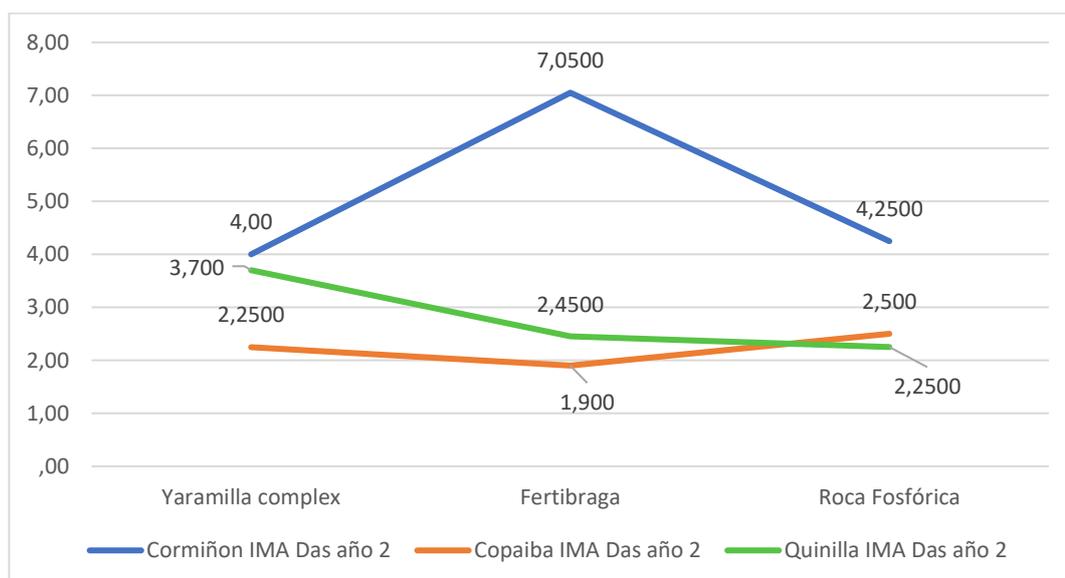


Figura 12. IMA del DACR, en milímetros, de las especies en estudio correspondiente a los dos primeros años de evaluación, de acuerdo a los fertilizantes y enmiendas utilizada.

Considerando *M. bidentata*, varios autores realizaron determinaciones del IMA para el diámetro de esta especie, entre estos autores tenemos que, en la Amazonía Peruana, Peacock et al., (2007) encontraron IMAs de 0.09 cm. Forget et al., (2001) en la Guyana Francesa reportan incrementos diamétricos anuales de 0.17 cm. Azevedo et al., (2008) en Brasil (Amapá) a partir de 108 individuos reportan un incremento dimétrico promedio anual de 0.28 cm. En la Guyana, Alder (2002) mencionado por Rivera et al., (2013), mediante modelos de crecimiento calculados con 64 individuos estimó incrementos anuales de 0.57 cm (DE= 0.04).

Las diferencias tanto en el ICA e IMA de las especies en estudio y las reportadas por otros autores puede señalar la influencia de condiciones variables de micro sitio y la potencial respuesta que podrían tener a intervenciones silvícolas, como ha sido demostrado para otras especies.

Además, como sostiene Brenes et al., (2015) algunas especies presentan muy poca respuesta a los tratamientos de suelo como es la fertilización y la aplicación de enmiendas, tanto en la producción de área foliar como en el crecimiento del tallo, esto puede haber sucedido con las especies *C. paupera* y *M. bidentata* y no en *V. cymosa*, en la que si se observó el efecto diferencia de los fertilizantes y la enmienda.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. El porcentaje de supervivencia de las especies estudiadas fue bueno para *Vitex cymosa* (de 73 a 87%) y *Manilkara bidentata* (47 a 83%), así como regular para *Copaifera paupera* (entre 47 y 67%).
2. No existe un efecto significativo de los mejoradores de suelo utilizados en el crecimiento en altura de las especies *V. cymosa*, *C. paupera* y *M. bidentata*, pero si existe una diferencia significativa en el crecimiento en altura de las diferentes especies, siendo todas ellas estadísticamente diferentes entre sí, obteniéndose el mayor crecimiento en *V. cymoso* que creció en promedio 161.31 cm, seguido de *M. bidentata* con 72.65 y *C. paupera* con 40.7 cm.
3. Existe diferencia estadísticamente significativa en los promedios de crecimiento en diámetro a la altura del cuello de la raíz (DACR) entre las especies estudiadas, así mismo, existe una interacción estadísticamente significativa entre las especies y los mejoradores de suelo utilizados. Se determinó, que al igual que en la altura, cada especie tiene un crecimiento diferente en DACR, siendo mayor en *V. cymoso* (30.6 mm) seguido de *M. bidentata* (17.3 mm) y *C. paupera* (12.2 mm) y que el crecimiento en diámetro será el mismo en estas especies si se utiliza yaramila complex o roca fosfórica, así mismo, si se utiliza roca fosfórica o fertibagra, pero que sería mejor utilizar uno de estos dos últimos porque se obtienen mayores crecimientos en DACR.
4. Cormiñon tiene el mayor porcentaje de especímenes con estado fitosanitario entre sano y regular (88%) seguido de quinilla (79%) y luego copaiba (52%). Al estar sometidas las tres especies a la misma

enmienda y fertilizantes, la diferencia entre ellas solo puede ser atribuida a las características propias de la especie.

5. En las tres especies se observa un mayor porcentaje de plantas con buen o regular estado fitosanitario en aquellas sometidas a la acción de yaramila complex (quinilla y cormiñon 97%, copaiba 53%), seguido de aquellas que recibieron solo roca fosfórica (quinilla 90%, cormiñon 83% y copaiba 53.3%). El mejor efecto de yaramila complex en el estado fitosanitario se podría atribuir a que contiene los tres principales macro nutrientes N, P, K.
6. Los mayores ICAs de la altura corresponden a *V. cymosa* tanto en el primer como segundo año, cuyos valores fluctúan entre 17 y 20 cm el primer año y entre 53 y 79 cm el segundo año. Así mismo, los menores ICAs de altura corresponden a *C. paupera*, con valores comprendidos entre 5 y 6 cm, el primer año y 17 y 26 cm, el segundo año. Dentro de las especies, los mayores ICAs para el DACR tanto en el año 1 como en el año 2 son reportados para *V. cymosa* (cormiñon), estos valores están comprendidos entre 11.6 mm (con yaramila complex) y 17.9 mm (con roca fosfórica), en el segundo año los valores están comprendidos entre 8 mm y 14.1 mm. Para esta especie el efecto de los fertilizantes varía de un año para otro, es así que en el primer año se obtiene mayores ICA con roca fosfórica y el segundo año los mayores ICA se obtienen con fertibagra.
7. Los valores del IMA para la altura son mayores para *V. cymosa* y fluctúa entre 26.5. y 39.5 cm/año, seguido de la quinilla, con valores entre 12 y 19 cm/año y al final está el IMA de copaiba cuyos valores fluctúan entre 8.5 y 13 cm/año. El IMA para el diámetro a la altura del suelo varía entre 4 a 7.1 mm para *V. cymosa*, de 1.9 a 2.5 mm para *C. paupera* y de 2.3 a 3.7 mm para *M. bidentata*.

5.2. RECOMENDACIONES

- 1.** Desarrollar más investigaciones sobre el efecto de las enmiendas y fertilizantes en el crecimiento de especies forestales, para de esta manera incentivar la reforestación en la región.
- 2.** Preferir la instalación de plantaciones en temporada de lluvias, que en la región Ucayali se da entre los meses de diciembre y marzo de cada año, esto facilitaría el establecimiento de la plantación.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aguirre, Z., León, N., Palacios, B., & Aguirre, N. (2013). Dinámica de crecimiento de 29 especies forestales en el Jardín Botánico el Padmi, Zamora Chinchipe. *CEDAMAZ*, 3, 18-36.
- Aguirre Mendoza, Z., & León Abad, N. (2011). Sobrevivencia y crecimiento inicial de especies vegetales en el Jardín Botánico de la quinta El Padmi, Zamora, Chinchipe Survival and early growth of plants in the El Padmi Botanical. *Arnaldoa*, 18(2), 115–122.
- Alder, D. (1980). Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. II Predicción del rendimiento. FAO. FAO Montes 22/2. Roma. 80 p.
- Álvarez Sanchez, M. E., Hernández Acosta, E., Torres, R. M., & González, M. R. (2013). *Encalado y micorriza para corregir deficiencia de fósforo en un Andisol cultivado con Pinus halepensis*.
- Alvarez, J., Rodriguez, J., & Suarez, D. (1999). *Mejoramiento de la productividad de plantaciones de Pinus radiata D. Don, a través de un método racional de fertilización*. Chile.
- Álvarez, R., Olán, B., López, Í., Flores, P., & Ávila, C. (2016). *Efecto del encalado en la materia orgánica del suelo en un sistema agroforestal*.
- Angulo, D. (2014). Factores Edáficos que Influyen en el Crecimiento de las Plantaciones de "Shihuahuaco" *Dipteryx odorata* (Aublet Willd) de 04 años, establecido en un suelo degradado, Región Ucayali" recuperador de: <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3958/000001960T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Arévalo, G. C. (2009). Manual de fertilizantes y enmiendas. Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central. El Zamorano Honduras.
- Auten, J. (1945). Perdition of site index for Yellow Poplar from soil and topograpy. Journal offorestry (EE.UU.).
- Azevedo, C. P. de, Sanquetta, C. R., Silva, J. N. M., & Machado, S. D. A. (2008). Efeito Da Exploração De Madeira E Dos Tratamentos Silviculturais No Agrupamento Ecológico De Espécies. *Floresta*, 38(1), 53–69. <https://doi.org/10.5380/rf.v38i1.11027>
- Barrera, V. M. (2006). *Evaluación del crecimiento de Eucalyptus nitens de 5 – 7 años de edad, con diferentes manejos nutritivos, en la Región de Los Lagos*. Chile.
- Bedoya, L. O. (2013). *Bio Acidulación de roca fosforica bajo condiciones in vitro*. Medellin.
- Benavides, A. (1998). *El azufre en las plantas*.
- Brenes, T., Rivas-torres, G., & Blundo, C. (2015). *Efecto del suelo en la tasa de crecimiento de especies tropicales con distribuciones contrastantes* (Issue January 2015).
- Cabrera, F. R., Volante, B. B., Sánchez, F. D., & Pérez-Flores, L. J. (2007). *Especcies reactivas de oxigeno en las plantas*.
- Cámara, M. A. (2017, abril 12). Diferencias entre nutrición y fertilización. Fertirrigación. <https://www.fertirrigacion.com/diferencias-entre-nutricion-y-fertilizacion/>
- Campos, J. H., & Sperberg, F. S. (2011). *Uso de enmiendas orgánicas como fuente de fertilización en cultivos*.

- Carbo, M. R., Sarasa, I. D., & Meler, M. Á. (2013). *La respiración de las plantas*.
- Centeno, M. (1993). *Inventario nacional de plantaciones forestales en Nicaragua*.
- Corone, N. L. (2003). *Síntesis de la importancia del Potasio en el suelo y plantas*.
- Donoso, P. J., Gerding, V., Uteau, D., Soto, D. P., Thiers, O., & Donoso, C. (2007). *Efecto de fertilización y cobertura de malezas en el crecimiento inicial y la mortalidad de una plantación de Nothofagus dombeyi en la Cordillera de Los Andes*. Chile.
- Donoso, P., Navarro, C., Soto, D., Gerding, V., Oscar Thiers E, J. P., R, B. E., & O, M. J. (2015). *Manual de plantaciones de raulí*. Chile.
- Erlí, F. G., Félix, B. N., Ferreira, N. R., & Silva, I. R. (2009). *Características químicas do solo em diferentes distâncias do tronco de eucalipto e em diferentes profundidades*.
- Espezúa, R. H. (2007). *Plantaciones forestales, agua y gestión de cuencas*.
- F. J. A., Bellote, & Ferreira, C. A. (1995). *Nutrientes minerales y crecimiento de árboles abonados de Eucalyptus grandis en el Estado de São Paulo*.
- FAO. (2000). *Los principales factores ambientales y de suelos*.
- Faria, G. E., Barros, N. F., Novais, R. F., Lima, J. C., & Teixeira, J. L. (2001). *Produção e estado nutricional de povoamentos de eucalyptus grandis, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica*.
- Fernández, M. T. (2007). *Fósforo: amigo o enemigo*.
- Ferreira, I. M., Carvalho, J. G., & Neto, A. E. (2013). *Potássio sódio e crescimento inicial de espécies florestais sob substituição de potássio por sódio*. Brasil.
- Figueroa, J. M. (2004). *Fijación biológica de nitrógeno*.

- Flores, R. C. (2004). *Formas de explicación del proceso de respiración de las plantas*.
- Flores, Y. (2018). *Crecimiento y productividad de plantaciones forestales en la amazonía peruana* (Vol. 53, Issue 9).
- Forget, P. M., Rankin-De Merona, J. M., & Juillot, C. (2001). The effects of forest type, harvesting and stand refinement on early seedling recruitment in a tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 17(4), 593–609. <https://doi.org/10.1017/S0266467401001444>
- Gauggel, G. A. (2009). *Manual Fertilizantes y Enmiendas*.
- Gestion. (05 de 03 de 2018). Fondo Campbell afina detalles para plantación forestal de 8,000 hectáreas en Perú.
- Guerrero Lázaro, J. (2012). *Análisis de suelos y fertilización de cacao* (U. Agrobanco (ed.)).
- Ibañez, C., Nuñez, P., Pezzutti, R., & Rodriguez, F. (2004). *Efectos de la roturación del suelo y fertilización con fósforo en el crecimiento inicial de plantaciones de Pinus taeda, en suelos rojos del Noreste de la provincia de Corrientes, Argentina*.
- Inocencio, M. F., Carvalho, J. G., & Neto, A. E. (2014). *Potássio, sódio e crescimento inicial de espécies florestais sob substituição de potássio por sódio*.
- Kirkby, E. A., & Römheld, V. (2007). *Micronutrientes na fisiologia de plantas funções, absorção e mobilidade funções, absorção e mobilida*.
- Klepac, O. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. 2ed. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo. 365p.

L. A., & Vera, A. (2001). *El boro como nutriente esencial*.

Laurance, W. F., Nascimento, H. E. M., Laurance, S. G., Condit, R., D'Angelo, S., & Andrade, A. (2004). Inferred longevity of Amazonian rainforest trees based on a long-term demographic study. *Forest Ecology and Management*, 190(2–3), 131–143.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.09.011>

Lerche, C. P., & Ball, J. B. (1998.). *El estado actual de las plantaciones forestales en América latina y el caribe y examen de las actividades relacionadas con el mejoramiento genético*. Chile.

Lojan, L. (1967). Aspectos del crecimiento diamétrico quincenal de algunos árboles tropicales. Turrialba (C.R.) Pág. 231-237. LOUMAN B. et al. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Pág. 265.

Macronutrientes del suelo. (s. f.). Recuperado 24 de agosto de 2020, de <https://www.fertibox.net/single-post/macronutrientes-del-suelo>

Manejo de Fertilizantes con Micronutrientes | Intagri S.C. (s. f.). Recuperado 24 de agosto de 2020, de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/manejo-de-fertilizantes-con-micronutrientes>

Martínez, H. E., Fuentes, E. J., & Acevedo, H. E. (2008). *Carbono orgánico y propiedades del suelo*.

Mejora de la fertilidad del suelo. (2018, marzo 29). [Text]. IAEA.

<https://www.iaea.org/es/temas/mejora-de-la-fertilidad-del-suelo>

Organización para la Agricultura y Ambiente. (2000). Manual de práctica integrada de manejo y conservación de suelo. *Boletín de tierras y agua de la FAO*, 8, 234.

- Paliwal, S.; Prasad, N. (1970). Seasonal activity of cambium in some tropical trees, *Dalbergia sissoo*. *Phytomorphology (India)* 20 (4): 333-339 p.
- Paul, L. T., & Vlek, L. (2008). *Soil Erosion Studies in Northern Ethiopia*.
- Peacock, J., Baker, T. R., Lewis, S. L., Lopez-Gonzalez, G., & Phillips, O. L. (2007). The RAINFOR database: monitoring forest biomass and dynamics. *Journal of Vegetation Science*, 18(4), 535. [https://doi.org/10.1658/1100-9233\(2007\)18\[535:trdmfb\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1658/1100-9233(2007)18[535:trdmfb]2.0.co;2)
- Piedrahita, O. (2012). *Calcio en las plantas*.
- Ramirez, N., & Arroyo, M. (1990). Estructura poblacional de *copaifera pubiflora* Benth. (Leguminosae; Caesalpinioideae) en los Altos Llanos Centrales de Venezuela. *Biotropica*, 22(2), 124–132.
- Restrepo, & Rojas, J. J. (2015). *Fertilidad de suelos en plantaciones forestales del trópico colombiano*. Medellín, Colombia.
- Restrepo, J. (2015). *Fertilidad de suelos en plantaciones forestales del trópico colombiano*. Medellín.
- Reynel, C., Pennington, R. T., & Pennington., T. D. (2003). *Árboles útiles de la Amazonía Peruana*.
- Rivera Martin, L. E., Peñuela Mora, M. C., Jiménez Rojas, E. M., & Vargas Jaramillo, M. del P. (2013). *Ecología y silvicultura de especies útiles amazónicas* (sede Am. Universidad Nacional de Colombia (ed). Instituto Amazónico de Investigación - IMANI.
<http://www.bdigital.unal.edu.co/36632/6/9789587616347.pdf>
- Rivera, L. E. (2013). *Ecología y silvicultura*. Leticia, Amazonas, Colombia.

- Rodriguez Achung, F. (1995). El recurso del suelo en la Amazonia Peruana, diagnóstico para su investigación. In *I.I.a.P.* (Vol. 14).
- Ross, M. (2004). *Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite.*
- Rossa, Ü. B., Angelo, A. C., Westphalen, D. J., Oliveira, F. E., Silva, F. F., & Araujo, J. C. (2014). *Fertilizante de liberación lenta no desenvolvimento de mudas de anadenanthera peregrina (l.) speg. (angico-vermelho) e schinus terebinthifolius raddi (aroeira-vermelha).*
- Ruiz, R. M. (2006). Importancia de las plantaciones forestales de Eucayptus. *Ra Ximbai vol 2, 33.*
- Schlatter, J. E., Gerding, V., & Brandt, E. (2001). *Silvicultura.* Chile.
- Schmidt, A. C. (2018). *Evaluación dasométrica de plantaciones de bolaina blanca (guazuma crinita) en la provincia de Puerto Inca, Huánuco.* Puerto Inca Huánuco.
- Silva, L. M. (2017). *Incremento Medio Anual de Teca (Tectona grandis L.f.) en plantaciones comerciales, distrito Puerto Inca, Huánuco - Perú.* Puerto Inca Huánuco.
- Tesch, S. (1980/1981). The evolution of forest yield determination and site classification. *Forest Ecology and management (Holanda).* 5(3): 169- 182 p.
- Thiers, E. O., Gerding, V., & Schlatter, J. E. (2007). *Exportación de nitrógeno y calcio mediante raleo en un rodal de Eucalyptus nitens de 5 años de edad, Chile.* Chile.
- Tropicales, O. I. (2008). *Plan de Acción de la OIMT.*

- Valladares, F. (2004). *La luz como factor ecológico y evolutivo para las plantas y su interacción con el agua*.
- Vallejos, H., Añazco, M., Vizcaíno, M., Paredes, H., & Ruiz, J. (2020). Comportamiento de *Alnus nepalensis* D. Don en asocio con tres especies forestales *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blaque, *Swietenia macrophylla* King, y *Cordia alliodora* Ruiz y Pav bajo sistema agroforestal. *Ciencias Ambientales*, 13(1), 49–56.
- Yepes, A., & Buckeridge, M. (2011). Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global (Revisión). *Colombia Forestal*, 213-232.
- Zeide. (1993). Modelamiento ecológico de las características. España. 14 p.

ANEXO

ANEXO 1
DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES

BLOQUE I						BLOQUE II						BLOQUE II					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP
109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP
127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP

145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162
CR	Q	CP															
163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CR	CR	Q	CP	CR	Q	CP	CR	Q	CP
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198
CR	Q	CP															
199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216
CR	Q	CP															
217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234
CR	Q	CP															
235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252
CR	Q	CP															
253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270
CR	Q	CP															

Croquis del experimento en el campo

CORMIÑON (CR).

COPAIBA (CP)

QUINILLA (Q).

Rojo: Fertibagra.

Azul: Yaramila complex.

Verde: Roca fosfórica.

ANEXO 2

ANÁLISIS DE SUELO



PERÚ

Ministerio de
Agricultura y Riego

Instituto Nacional
de Innovación Agraria

Estación Experimental
Agraria Pucallpa

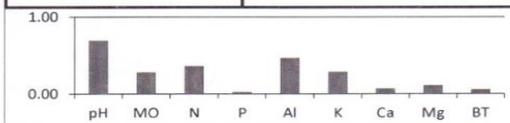
ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y ABONOS

Solicitante:	Pedro Reyes Inca	Fecha muestreo:	22/03/2017
Procedencia:	C.F.B. Km 4.20	Fecha Recepción:	22/03/2017
Dirección Legal:	C.F.B. Km 4.20	Fecha Resultado:	30/03/2017
Solicitud Ingreso:	SU00008EEAP-2017	Tipo Muestra:	Suelo
Ensayo Solicitado:	Caracterización	Cultivo Anterior:	N/D
Código : 11	MSPF-01	Cultivo a Instalar:	Especies forestal
Muestreado por:	El Solicitante	Edad del Cultivo	N/D

Profundidad Suelo (m.)	ANÁLISIS TEXTURAL					Densidad Aparente (gr/cm ³)
	Profundidad (cm.)	Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	
0.20	0-20	20.24%	41.20%	38.56%	Arcilla	1.26

VALORES	ANÁLISIS DE FERTILIDAD								
	pH	M.O (%)	N (%)	Fósforo (p.p.m.)	Aluminio (Cmol ⁽⁺⁾ /Lt.)	Potasio (Cmol ⁽⁺⁾ /Lt.)	Calcio (Cmol ⁽⁺⁾ /Lt.)	Magnesio (Cmol ⁽⁺⁾ /Lt.)	Bases Totales (Cmol ⁽⁺⁾ /Lt.)
	4.84	2.02	0.09	0.76	0.70	0.14	0.67	0.55	1.36
Interpretación	Muy Fuertemente ácido	Bajo	Bajo	Muy bajo	Medio	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo

Valor Calculado	PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE BASES					
	Conductividad Eléctrica milimhos/cm a 25°C					
	0.03	33.93%	0.07	0.32	0.27	66.07%
Interpretación	No salino. Efecto de salinidad casi nulo	Tóxico para plantas tolerantes	Medio	Bajo	Medio	Alto



OTRAS DETERMINACIONES QUIMICAS	
CIC efectiva (meq/100 g)	% de Saturación de Al respecto a CIC efectiva
2.06	33.93%
Muy bajo	Tóxico para plantas tolerantes

VALORES	RELACIONES ENTRE CATIONES					Volumen de Suelo (t./ha)
	Ca / Mg	Mg / K	Ca / K	(Ca + Mg) / K	(Ca+Mg+K) / Al	
	1.21	3.85	4.67	8.52	1.95	2,520
Interpretación	Bajo nivel de Ca respecto al Mg	Aceptable	Margen adecuado para K	Dentro del margen adecuado para el K	No hay problemas con aluminio	

VALORES	OTRAS DETERMINACIONES FISICAS				
	Punto marchitez (gr agua/cm ³ suelo)	Capacidad de campo (gr agua/cm ³ suelo)	Saturación (gr agua/cm ³ suelo)	Conductividad hidráulica (cm/hr)	Agua disponible (lt Agua/dm ³ suelo)
	0.23	0.38	0.52	0.26	0.15

METODOLOGIA: Métodos analíticos para suelos y tejido vegetal usados en el tropico humedo: Autores, Q.F Olinda Ayre V. y Q.F Rafael Román Lima - Perú 1992

- pH : Suelo/agua : 1:2.5
- CC : Nelson & Sommers
- P : Olsen Modificado
- Ca, Mg : Extrac. KCL
- K, P : Extrac. NaHCO₃-EDTA-SUPERFLOC
- K, Ca, Mg : Absorción Atómica
- D. Apr. : Soil texture triangle hydraulic properties calculator

LAYO

Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Agraria Pucallpa

Ing. Irene Díaz Bardales
Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Abonos (e)

ANEXO 3
PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 1. Las tres especies forestales Cormiñon, Quinilla y Copaiba.



Foto 2. La separación de las cantidades de fertilizantes.



Foto 3. El cavado del hoyo para la respectiva siembra de las especies forestales.



Foto 4. Las tres especies forestales en su primer mes de haber sido sembrado.



Foto 5. Riego de la plantación de las tres especies forestales.



Foto 6. Mantenimiento de las malezas de la plantación.



Foto 7. Recolección de datos de las tres especies forestales.



Foto 8. Plantación de las tres especies forestales en su proceso final.