

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**INFLUENCIA DE YARAMILA INTEGRADOR Y ROCA FOSFÓRICA EN EL
CRECIMIENTO INICIAL DE CEDRO (*Cedrela odorata L.*) EN CAMPO
DEFINITIVO**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

Presentado por:

HENRRY WILLIAN RAMOS ESPINOZA

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 29 de Octubre del 2019, a horas 12:00 m. en la sala de sesiones de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

INFLUENCIA DE YARAMILA INTEGRADOR Y ROCA FOSFÓRICA EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE CEDRO (*Cedrela odorata L.*) EN CAMPO DEFINITIVO

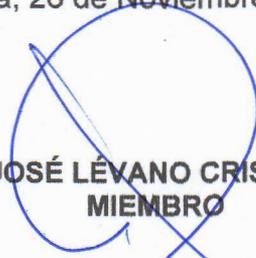
Presentado por el Bachiller: **HENRRY WILLIAN RAMOS ESPINOZA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**

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

Tingo María, 26 de Noviembre del 2019

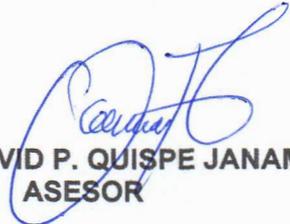

Ing. RAÚL ARAUJO TORRES
PRESIDENTE




Ing. MSc. JOSÉ LÉVANO CRISÓSTOMO
MIEMBRO


Ing. Mg. ROBERT G. PECHO DE LA CRUZ
MIEMBRO


Ing. MSc. RICARDO OCHOA CUYA
ASESOR


Ing. MSc. DAVID P. QUISPE JANAMPA
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

PROYECTO DE TESIS



**INFLUENCIA DE YARAMILA INTEGRADOR Y ROCA FOSFÓRICA EN EL
CRECIMIENTO INICIAL DE CEDRO (*Cedrela odorata L.*) EN CAMPO DEFINITIVO**

Programa de investigación	: Gestión de bosques y plantaciones forestales
Línea de investigación	: Sistemas agroforestales.
Ejecutor	: RAMOS ESPINOZA, Henry Willian
Asesores	: M.Sc. Ing. Ochoa Cuya, Ricardo : M.Sc. Ing. QUISPE JANAMPA, David
Lugar de Ejecución	: Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria y Puerto Súngaro (CIPTALD)
Duración	Fecha de Inicio: Abril - 2018 Termino: Febrero - 2019
Financiamiento	: Monto S/. 2,644.40
	FEDU : No
	Propio : Si
	Otros : No

DEDICATORIA

A Dios por ser la fuente de sabiduría
y bondad infinita.

A mis queridos padres; Ramón Ramos
Berrospi y María luz Espinoza Arrieta,
por su inmenso amor y fuente de
enseñanza para seguir adelante en la
vida.

A mi querida hermana, Mariela luz
Ramos Espinoza, por ser
compañero y fuente de apoyo en
mis metas como profesional.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por toda la contribución científica, cultural y social que me brindaron.

Al Ing. M.Sc. Ricardo Ochoa Cuya y M.Sc. David Quispe Janampa, por el asesoramiento en el trabajo de investigación.

Al Sr. Carlos Cárdenas, encargado del Vivero Forestal, por su gran apoyo en el desarrollo de la investigación, por brindarme todo el soporte técnico y científico para el cumplimiento de los objetivos de la tesis.

ÍNDICE

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Abastecimiento de los nutrientes de las plantas.....	4
2.1.1.Los nutrientes de las plantas.....	4
2.1.2.Los fertilizantes.....	5
2.2.La cal agrícola.....	6
2.2.1. La importancia de la cal agrícola en la agricultura.....	6
2.3. Fertilidad del suelo	7
2.3.1. Problemática de fertilidad de los suelos tropicales.....	8
2.4. Abonamiento de plantas.....	8
2.5. YaraMila Integrador.....	12
2.5.1. Función y origen.....	12
2.5.2. Propiedades de YaraMila integrador.....	13
2.5.3. Contenido de nutrientes.....	13
2.6. Roca fosfórica.....	14
2.7. Plantaciones forestales.....	15
2.8. Taxonomía de <i>Cedrela odorata</i> L. (cedro).....	16
2.8.1. Cultivo.....	17
2.9. Descripción botánica del <i>Cedrela odorata</i> L. (cedro)	18
2.9.1. Distribución geográfica y usos.....	19
2.9.2.Requerimientos ecológicos: clima, suelo, y biotopo de población natural.....	19

2.9.3. Importancia de las plantaciones forestales comerciales.....	20
2.10. Antecedentes de estudio.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Lugar de ejecución.....	26
3.1.1. Descripción del área de estudio	27
3.2. Materiales, fertilizantes y equipos.....	28
3.2.1. Material vegetativo.....	28
3.2.2. Materiales.....	28
3.2.3. Fertilizantes.....	27
3.2.4. Equipos.....	29
3.3. Metodología.....	29
3.3.1. Incremento del diámetro de fuste en <i>Cedrela odorata</i> L. bajo fertilización.....	30
3.3.2. Incremento de la altura total en <i>Cedrela odorata</i> L. por efecto de la fertilización.....	31
3.3.3. Correlación de las variables evaluadas en la planta de <i>Cedrela</i> <i>odorata</i> L., con el tiempo desde el establecimiento.....	32
3.4. Diseño de investigación	34
3.4.1. Diseño experimental.....	34
3.4.2. Análisis de varianza.....	37
3.4.3. Modelo aditivo lineal.....	38
3.4.4. Variables evaluadas.....	38
IV. RESULTADOS.....	40
4.1. Incremento del diámetro en las plantas instaladas en campo definitivo	

de la especie <i>Cedrela odorata</i> L. bajo fertilización.....	40
4.2. Incremento de la altura total en las plantas instaladas en campo definitivo de la especie <i>Cedrela odorata</i> L. bajo fertilización.....	41
4.3. Correlación entre la altura total y el diámetro en las plantas de <i>Cedrela odorata</i> L. bajo fertilización.....	43
V. DISCUSIÓN.....	44
5.1. Incremento del diámetro de Fuste en <i>Cedrela odorata</i> L. bajo fertilización.....	44
5.2. Incremento de la altura total en <i>Cedrela odorata</i> L. bajo fertilización...	45
5.3. Correlación de variables evaluadas en la planta de <i>Cedrela odorata</i> L., con tiempo desde el establecimiento	47
IV. CONCLUSIONES.....	49
V. RECOMENDACIONES.....	50
VI. ABSTRACT	51
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXO.....	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página.
1. Frecuencia para la aplicación de las dosis por fases y evaluaciones	32
2. Disposición experimental	35
3. Fases de fertilización	36
4. Modelo del análisis de varianza	37
5. ANVA para el diámetro de fuste en <i>Cedrela odorata</i> L., bajo fertilización.	39
6. Prueba Duncan para el diámetro de fuste en <i>Cedrela odorata</i> L., bajo fertilización.....	40
7. ANVA para la altura en <i>Cedrela odorata</i> L., bajo fertilización	41
8. Prueba Duncan para la altura de fuste en <i>Cedrela odorata</i> L., bajo fertilización.....	42
9. Correlación entre las variables (dependiente e independiente) de la	43
10. Registro de altura total (m) en plantas de cedro bajo fertilización (meses desde el establecimiento)	60
11. Datos promedios de la altura total (m) de plantas de Cedro, bajo fertilización.....	62
12. Registro de diámetro (cm) de plantas de cedro bajo fertilización (meses desde el establecimiento)	62
13. Datos promedios del diámetro del fuste (cm) de plantas de Cedro, bajo fertilización.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página.
1. Registro de datos climatológicos.....	27
2. Croquis de la parcela experimental.	36
3. Diámetro del tallo de plantas de <i>Cedrela odorata</i> L.....	40
4. Altura total de plantas de <i>Cedrela odorata</i> L.....	42
5. Correlacion entre diametro y altura de plantas de cedrela odorata L.	43
6. Limpieza del área experimental	65
7. Preparación de las dosis de fertilizante	65
8. Aplicación de fertilizantes.....	66
9. Evaluación de la altura.....	66
10. Evaluación del diámetro.....	67

RESUMEN

En condiciones de selva alta de la Amazonía Peruana, la fertilidad del suelo no es suficiente para el crecimiento de algunas plantaciones forestales, motivo por el cual se realizó la investigación con la finalidad de determinar la influencia de YaraMila integrador y Roca fosfórica en el crecimiento inicial del cedro (*Cedrela odorata* L.) en campo definitivo. La investigación se realizó en una plantación del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria y Puerto Súngaro, ubicado políticamente en el distrito José Crespo y Castillo de la región Huánuco; los tratamientos considerados fueron plantas sin abonamiento (T_0), sin abonamiento; (T_1), Roca fosfórica 100 g + YaraMila Integrador 160 g; (T_2), Roca fosfórica 100 g + YaraMila Integrador 200 g; (T_3): Roca fosfórica 100 g + YaraMila Integrador 240 g, distribuidos bajo un diseño en bloques completo al azar. Las plantas fertilizadas con T_2 alcanzó 5.54 cm de incremento en diámetro y las sin fertilizar con 3.32 cm de incremento en diámetro en un periodo de 11 meses que perduró la investigación; el incremento en altura el T_2 fue mayor con 2.72 m, y el testigo T_0 alcanzó 1.93 m, y se determinó correlación positiva considerable ($r > +0.75$) para los tratamientos utilizados en la investigación, respecto a la relación incremento en altura total y diámetro. Se encontró diferencias estadísticas en las variables evaluadas, a excepción del testigo.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente las plantaciones forestales del país vienen a ser la segunda actividad de importancia económica por el retorno de exportaciones, teniendo en cuenta la fertilización que ayuda tanto en el establecimiento de las plantaciones, en el prendimiento y desarrollo, como en un aumento de la productividad.

Pero un adecuado diagnóstico, mediante un análisis químico del suelo, previo al establecimiento de la plantación y posteriormente durante el desarrollo del rodal, indicará la necesidad, las dosis a utilizar y la rentabilidad de efectuar fertilizaciones preventivas y/o de apoyo, evitando pérdidas de crecimiento, así como la necesidad de efectuar fertilizaciones correctivas posteriores (INFOR, 2001).

La zona de Tulumayo presenta suelos con características edafológicas no favorables, es decir, no existen las condiciones para el desarrollo de la especie *Cedrela odorata* L. Además, la vegetación de la mayor parte del área del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo la Divisoria (CIPTALD) es de tipo arbórea y arbustivo que corresponde a bosques secundarios considerados entre purma baja y alta, caracterizados por la pérdida del recurso maderable y consecuentemente la riqueza del suelo. Por lo

que, la producción de estas especies en plantaciones forestales es una alternativa para reducir la presión sobre los bosques naturales.

Algunas especies como el *Cedrela odorata* L. requieren fertilización; esta actividad busca mejorar la supervivencia y desarrollo adecuado de la planta, debido a que estimula el desarrollo de sus raíces, optimiza el uso eficiente del agua con la captación de nutrientes de manera eficaz y suficiente para asegurar la supervivencia y crecimiento inicial acelerado de la planta garantizando una ocupación óptima del suelo.

En este contexto el trabajo de investigación pretende conocer la reacción de la especie, en aspectos de crecimiento ante la aplicación de una mezcla de dos fertilizantes YaraMila integrador y roca fosfórica. Con esto se pretende determinar la dosis adecuada donde se consiga mayor crecimiento en altura, diámetro y la correlación de las variables.

Lo cual generan interrogantes: ¿Cuál será la influencia con los fertilizantes de YaraMila integrador y roca fosfórica en el crecimiento inicial de cedro (*Cedrela odorata* L.) en campo definitivo?

La hipótesis planteada (H_0) los tratamientos de YaraMila integrador y roca fosfórica tiene una respuesta similar en el crecimiento inicial en la plantación comercial de *Cedrela odorata* L. (cedro)., ante lo expuesto se plantea como objetivos de investigación lo siguiente:

Objetivo general

- Evaluar la influencia de YaraMila Integrador y roca fosfórica en el crecimiento inicial de *Cedrela odorata* L. en campo definitivo.

Objetivos específicos

- Determinar el incremento del diámetro de fuste en *Cedrela odorata* L. bajo fertilización.
- Determinar el incremento de la altura total en *Cedrela odorata* L. por efecto de la fertilización.
- Correlacionar las variables evaluadas en la planta de *Cedrela odorata* L., con el tiempo desde el establecimiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Abastecimiento de los nutrientes de las plantas

Según la IFA – EFMA (1990), “las plantas obtienen su biomasa usando agua, dióxido de carbono, energía solar y nutriente del suelo y del agua. Para un óptimo crecimiento de la planta, los nutrientes deben poseer ciertas características, como: solubles en el agua, cantidades adecuadas y equilibradas, de acuerdo a la demanda del cultivo, de forma accesible al sistema radicular”.

Asimismo, ROY (1990) indica que, “las plantas toman los nutrientes principalmente de las reservas del suelo, los fertilizantes minerales, las fuentes orgánicas, el nitrógeno atmosférico a través de la fijación biológica, las deposiciones aéreas de origen eólico y pluvial, irrigación, aguas subterráneas o inundación, y sedimentación provocada por las escorrentías”.

Para instituciones internacionales como la FAO (1999), “estas informaciones son utilizadas por los diferentes agricultores teniendo en cuenta la disponibilidad y posibilidad económica. Los nutrientes disponibles para un cultivo son viene hacer un factor fundamental para poder determinar el rendimiento.

2.1.1. Los nutrientes de las plantas

El IFA – EFMA (1990) indica que, “son los elementos esenciales para el crecimiento de la planta, la cual lo toma del suelo o del agua, por irrigación, por inundación o de las aguas subterráneas, o en un medio hidropónico”.

Los nutrientes primarios son el nitrógeno, el fósforo y el potasio (N, P, K) respectivamente, los cuales son asimilados en proporciones relativamente grandes. Asimismo, el calcio, el magnesio y el azufre que vienen hacer nutrientes secundarios son tomados en menores cantidades, siendo esenciales para su crecimiento: Es necesario mencionar que los micronutrientes o elementos trazas son requeridos en cantidades muy pequeñas, siendo muy importantes para el metabolismo vegetal y animal. Estos son el hierro, el zinc, el manganeso, el boro, el cobre, el molibdeno y el cloro. Además, la presencia del sodio, cobalto y silicio parece ser favorable para algunas especies vegetales, pero no son considerados como nutrientes esenciales (FAO, 1999).

2.1.2. Los fertilizantes

Los fertilizantes “son sustancias minerales u orgánicas, naturales o elaboradas que se aplican al suelo, al agua de irrigación o a un medio hidropónico para proporcionarle a la planta los nutrientes; los fertilizantes contienen como mínimo 5% de uno o más del nutriente primario N, P_2O_5 y K_2O ” (ROY, 1990).

- **Los fertilizantes minerales**

En caso de los fertilizantes minerales, “son elaborados en forma líquida o sólida, generalmente a través de un proceso industrial. Los cuales pueden aportar los nutrientes principales, secundarios, los micronutrientes o una mezcla de nutrientes. Los fertilizantes simples suplen solo un nutriente, mientras que los complejos pueden suministrar varios. Los fertilizantes compuestos pueden ser el resultado de la mezcla o de enlaces químicos entre los fertilizantes simples o nutrientes. Los fertilizantes minerales tienen mayor contenido de nutrientes de las plantas y menor volumen que las fuentes orgánicas” (FAO, 1999).

2.2. La cal agrícola (Encalante)

Para LAZCANO (2015), “la agricultura de estos últimos años se debe manejar mediante una agricultura sostenida. La creación y la mantención de la productividad del suelo a largo plazo es lo que hace a la agricultura moderna sostenida. Los beneficios de un suelo de alta productividad incluyen: la protección ambiental, el uso eficiente de los insumos y una mayor utilidad. En aquellos suelos en donde la acidez limita el rendimiento del cultivo, la aplicación de cal agrícola es la mejor práctica de manejo (MPM o BMP por sus siglas en inglés). El uso apropiado de la cal agrícola protege el ambiente, incrementa la eficiencia de los nutrientes y de los fertilizantes por ser un gran encalante, mejora la efectividad de algunos herbicidas y aumenta las utilidades y la producción del cultivo”.

2.2.1. Importancia de la cal agrícola

El uso y manejo apropiado de la cal agrícola bien hacer uno de los factores de mayor importancia en la producción óptima de los cultivos. Asimismo, cabe mencionar que el exceso de acidez es uno de los principales obstáculos para obtener altos rendimientos y mayor productividad de los suelos a largo plazo. Los beneficios de un programa confiable de encalado son los siguientes:

- Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.
- Mejora la fijación simbiótica del Nitrógeno (N) en las leguminosas.
- Influye en la disponibilidad de nutrientes para la planta.
- Reduce la toxicidad de algunos elementos minerales.
- Mejora la efectividad de ciertos herbicidas.
- Aportan Calcio (Ca), Magnesio (Mg), y otros nutrientes minerales.

2.3. Fertilidad del suelo

Para DOMÍNGUEZ (1997), “la fertilidad de un suelo se ve como resultado al interactuar las propiedades químicas, físicas y biológicas, con el cual dicho medio presenta la capacidad de otorgar condicionantes primordiales para que las plantas crezcan y se desarrollan”.

Cuando se quieren encontrar un suelo con condiciones adecuadas para las plantas, “las propiedades físico-químicas y biológicas no funcionan de manera independiente, más bien lo hacen de manera interrelacionada logrando la fertilidad de dicho suelo. Se puede encontrar un suelo con abundante

elementos minerales pero que es carente de condiciones físicas favorables o viceversa” (DOMÍNGUEZ, 1997).

Además, SÁNCHEZ (2007) recalca que, “un suelo fértil no siempre va garantizar el crecimiento de las plantaciones, ya que es de suma importancia tener en cuenta las funciones del clima porque en muchos casos favorece el desarrollo de las plantas, debido a que las condiciones climáticas favorecen o perjudican el crecimiento de las especies vegetales. Como ejemplo práctico reporta que un agricultor que en su predio haya suelo fértil pero que se encuentre en un medio donde las condiciones de temperatura son extremas no logrará obtener cosechas en todo su esplendor debido a que el suelo será fértil pero no productivo a causa del clima”.

2.3.1. Problemática de la fertilidad en suelos tropicales

El IICA (1987) indica que, “en la selva tropical de América, los suelos son conocidos por su limitado contenido nutricional y un grado muy bajo en acidez. Los suelos con fines de producción de árboles maderables difieren de los suelos para producción frutícola. Los suelos oxisoles y ultisoles se encuentran distribuidos aproximadamente en las tres cuartas partes (75.0%) de la cuenca amazónica, caracterizados por ser bien drenados, profundos, en su mayoría con buena estructura y respecto a su textura posibilita a que las plantas presenten una favorable capacidad de infiltración”.

NAVARRO y MARTÍNEZ (1997) añaden que, “en muchas áreas de terrenos agrícolas, especialmente aquellos que han sido cultivados durante

mucho tiempo y luego abandonados por su condición de marginales, los suelos suelen tener niveles de fertilidad muy bajos debido a la exportación de nutrientes que suponen las cosechas agrícolas anuales. Esto puede dar lugar a deficiencias de algunos elementos minerales esenciales para el crecimiento de las plantas”.

2.4. Abonamiento para las plantas

Según BENEDETTI y SAAVEDRA (2005), “existen poca dependencia de fertilizante por parte de las especies forestales, a pesar de esto, la aplicación de fertilizantes en dosis adecuadas en los primeros años posteriores al establecimiento de las plantas maderables favorecería su crecimiento y desarrollo. Se observará un crecimiento favorable sin la aplicación de fertilizantes siempre y cuando el suelo presenta una profundidad y la humedad suficiente de acuerdo a las exigencias de la especie que se planta, este comportamiento se atribuye debido a que las especies maderables se adaptaron a proliferar en medios con baja fertilidad de los suelos”.

Además, los mismos autores añaden que, “las más grandes limitaciones se observan en las plantaciones que presentan suelos con macronutrientes como nitrógeno, potasio, fósforo, calcio y magnesio que se encuentran en niveles muy bajas. Una planta que se encuentra en estos suelos con deficiencias de nutrientes se tornan con manifestaciones como el cambio del color de sus hojas que en muchos casos son amarillamiento y también se observa limitado su crecimiento”.

Para MONTERO *et al.* (2003), “los efectos similares pueden producirse por el uso excesivo de un determinado nutriente como suele pasar, a veces, con el calcio. Los micronutrientes como el manganeso, boro, molibdeno, hierro, cobre, cinc entre otros pueden producir efectos similares a los comentados, pero suelen ser menos importantes y frecuentes”.

El mismo autor señala que, “la falta de nutrientes o el desequilibrio nutricional del suelo suele predisponer a la plantación a ataque de hongos e insectos, debido al desequilibrio fisiológico que se crea por la deficiente nutrición del árbol y que hace que la plantación sea más susceptible a ataques de enfermedades y plagas”.

BENEDETTI y SAAVEDRA (2005) añaden que, “antes de hacer la plantación es recomendable realizar un análisis de suelo, y comparar los niveles de fertilidad obtenidos en el análisis con las exigencias de la especie que se va implantar en el terreno. Si las deficiencias son muy graves habrá que someter al terreno a un programa de fertilización durante al menos 4 – 5 primeros años, o renunciar a la especie que se deseaba plantar, sustituyéndola por otras más compatibles con las características del suelo. Este último suele ser lo más aconsejable”.

Cuando se dese incrementar el crecimiento de una planta y se encuentra establecido en suelos con nivel medio de fertilidad que en muchos casos ocurre cuando se tienen especies forestales de alto valor comercial y con turnos relativamente cortos, se puede aplicar fertilizantes para alcanzar dicho

objetivo. De acuerdo a las características de los suelos y a las exigencias de las especies establecidas, se escogerá el fertilizante más adecuado (MONTERO *et al.*, 2003).

Además, “la aplicación de fertilizantes en las plantaciones forestales y el costo que se generan depende de los factores explicados en el párrafo anterior. El pensamiento sobre cómo se ejecutará el programa de fertilización en las plantaciones está enmarcada en el margen económico que presenta la empresa dedicada a las plantaciones forestales y el turno de corta de los árboles, que considerando a los ciclos más cortos, se generan costos muy superiores al de las producciones agrícolas” (MONTERO *et al.*, 2003).

BENEDETTI y SAAVEDRA (2005) recalca que, “al momento de realizar la plantación, se recomienda aplicar en el hoyo de plantación dosis de fertilizantes ricas en NPK; las concentraciones deben ser definidas para cada sitio, posterior a un análisis de suelo”.

RUBILAR *et al.* (2008) reportan que, “el uso de fertilizantes al establecimiento de plantaciones manejadas intensivamente, dado un adecuado control de malezas, es una herramienta clave para el aumento de la productividad forestal de especies de rápido crecimiento”.

GUERRERO (2000) señala que, “en suelos donde es muy carente de elementos químicos, la aplicación de fertilizantes generaría menor efecto que en los que presentan el complejo con mayor cantidad de cationes fijados. En base a lo expresado, se suele aplicar programas mucho más fuertes de

fertilización hasta que obtenga el nivel deseado de los nutrientes y recién en adelante se le otorgue otras aplicaciones de fertilizantes en menor dosis”.

El mismo autor añade que, “cuando en el complejo se alcanza un determinado nivel de adsorción de cationes, se establece ya entre él y la solución del suelo, una especie de equilibrio. Así, inmediatamente después de un abonado, el complejo se enriquece en cationes y, cuando la planta absorbe cationes de la solución del suelo, es el complejo el que los libera, manteniéndose así en la solución un número aproximadamente constante de dichos cationes. A este mecanismo de cambio de cationes entre el complejo y la solución y el complejo es a lo que se denomina cambio de bases”.

Para WADSWORTH (2000), “el uso de fertilizantes en plantaciones forestales ha sido menos generalizado en América que en cualquier otro sitio de los trópicos, aunque los beneficios han sido impresionantes en algunas instancias. Se comprobó que fertilizar aumenta la adaptación de distintas especies, mejora su resistencia contra plagas y enfermedades. Usar 13,000 fertilizantes demostró un aumento de crecimiento en 73% con solo fertilizar, además de un aumento en razón valor/ costo; la madera de árboles que reciben nutrimentos complementarios es muy poco inferior en calidad que la madera de árboles sin fertilizar”.

ACP (2006) menciona que, “la fertilización en campo tiene el objetivo de promover el rápido crecimiento y aumentar la vigorosidad de las plantas para garantizar su establecimiento”. Las fertilizaciones se recomiendan:

- Al momento de la siembra se debe realizar una fertilización con abono granular completo y superfosfato mezclado con materia orgánica.
- A los dos meses una fertilización selectiva, es decir, a las plantas con menor vigor y crecimiento. Se debe aplicar abono granular completo más sulfato de amonio (aproximadamente 2 onzas de cada uno).
- De ser necesario, en el segundo año, se realizará una tercera fertilización selectiva, similar a la segunda.

2.5. YaraMila Integrador

2.5.1. Función y origen

- Función: Aportar nutrientes que no están disponibles en el suelo para el crecimiento de la planta.
- Origen: Proviene del aire y depósitos naturales para luego ser combinados en procesos de producción.

2.5.2. Propiedades de YaraMila integrador

EN caso de la empresa YARA PERÚ (2019), “YaraMila integrador contiene nitrógeno en la forma amoniacal y nítrica mejorando la asimilación de forma balanceada. Contiene un alto contenido de potasio (K) y fósforo (P) elementos claves para aumentar la producción y calidad”.

Además, “en el proceso de fabricación se producen polifosfatos que en un 25% presentan fósforo, compensado eléctricamente con una mínima capacidad de fijación o formación de complejos insolubles” (YARA PERÚ, 2019).

“Este fertilizante está acompañado de elementos mayores y secundarios como el magnesio, azufre y microelementos como el boro, manganeso y zinc” (YARA PERÚ, 2019).

2.5.3. Contenido de nutrientes

YaraMila Integrador es un fertilizante complejo granular y prill, que aporta nitrógeno en forma amoniacal y nítrica mejorando la asimilación y eficiencia.

Tiene un alto contenido de potasio y fósforo, elementos claves para aumentar la producción y calidad.

En el proceso de fabricación se producen polifosfatos que conjuntamente con el fósforo soluble y el fósforo soluble en citratos, combinan diferentes formas del nutriente mejorando su disponibilidad y asimilación.

Parte del potasio contenido en YaraMila Integrador proviene de sulfato de potasio, lo que conjuntamente con el aporte de magnesio, azufre y microelementos como boro, manganeso y zinc, hacen de este producto uno de los más completos del mercado, recomendación de aplicación 50 Kg/ha o 200g/planta.

Formula química; 15-9-20 +1.8 (MgO)+3.8 (S) +0.015 (B) + 0.02 (Mn) + 0.02 (Zn).

– N

15%

○ N nítrico	6.7%
○ N amoniacal	8.3%
– P ₂ O ₅	9%
– K ₂ O	20%
– MgO	1.8%
– S	3.8%
– SO ₃	9.5%
– B	0.015%
– Mn	0.02%
– Zn	0.02%

2.6. Roca fosfórica

En América del Sur existen abundantes depósitos de rocas fosfóricas, especialmente en Colombia, Brasil, Perú, Bolivia y Venezuela. En la mayor parte de los países se han caracterizado química y mineralógicamente esos depósitos evaluando su efectividad agronómica.

McCLELLAR (1978) menciona que, “caracterizó mineralógicamente 600 muestras de rocas fosfóricas provenientes de casi todos los depósitos comerciales del mundo, encontrándose una gran variación en la estructura del apatito constituyente de estas rocas, debido a la sustitución del calcio por magnesio y sodio, así como del reemplazo de hasta el 25% del P por carbonato y F”.

En consecuencia, ocurre una gran dispersión en cuanto a los valores relativos de esos elementos en las fosforitas de los diferentes yacimientos.

GONZALEZ *et al.* (1980) menciona que, “la mayor parte está compuesta de carbonato – fluorapatito, calcita, cuarzo, materia orgánica y óxidos de hierro y de aluminio. Asimismo, indican la composición química siguiente: P₂O₅ (21.85%), SiO₂ (10.00%), Fe₂O₃ (1.23%), Al₂O₃ (0.86%), CaO (47.55%), F (1.96%), materia orgánica (5.12%), H₂O (0.27%) y CO₂ (12.09%)”.

MORA (1981) afirma que, “estudió esta fosforita y señala que está compuesta de apatito, calcita, yeso y cuarzo”.

2.7. Plantaciones forestales

La FAO (2002) define que, “a las plantaciones forestales como rodales establecidos mediante plantación y/o siembra en el proceso de forestación o reforestación de una extensión igual o superior a 0.5 ha. Pueden ser de especies introducidas (todos los rodales plantados) o de especies autóctonas sujetas a un manejo intensivo”.

En comparación con muchos bosques naturales, en particular los tropicales, la plantación forestal es simple y uniforme en cuanto a su estructura, la composición de especies y en su capacidad para aprovechar la energía solar y el reciclaje del agua y de los nutrimentos. En estas condiciones, el ser humano puede controlar la genética, el crecimiento, la fertilidad, las relaciones hídricas y en general, el desarrollo de los árboles.

Para PENNINGTON (2002), “las plantaciones forestales representan una alternativa económica y de beneficio social, ya que cumple una función en bien de la protección del ambiente, al disminuir la presión existente sobre el bosque natural. Adicionalmente, estas contribuyen

significativamente en el funcionamiento de los procesos ecológicos, paisajísticos, de protección de suelo, agua y acumulación de carbono”.

2.8. Taxonomía de *Cedrela odorata* L. (cedro)

- Familia: MELIACEAE.
- Nombre científico: *Cedrela odorata* L.
- Nombres comunes: Cedro colorado; Cedro de altura; Cedro del bajo; Atokc; Cedro de Castilla, Puxni (tepehua); Santabiri; Sedre (Surinam); Manan conshan (shipibo-conibo).

2.8.1. Cultivo

- **Época de siembra:**

En la Amazonia Peruana, de noviembre a diciembre, en coincidencia con el período de mayor precipitación pluvial. En los suelos inundables, luego de la vaciante, de junio a julio.

- **Espaciamiento:**

Distanciamiento de 10 m x 10 m. El espaciamiento puede reducirse a 5 m x 5 m para el caso de plantaciones de alta densidad y cosecha escalonada.

- **Labores de cultivo:**

En los 2 primeros años de plantación, es recomendable la eliminación de especies invasoras. Sin embargo, esta labor no deberá ser muy intensa, ya que se ha observado la mayor incidencia del gorgojo del tallo cuando se elimina de la plantación toda la maleza.

- **Propagación:**

Mediante semilla sexual, alcanzando un poder germinativo de 89% luego de 16 días de la siembra. Empleando plantaciones en fajas de 3 m y 5 m de ancho, se logra una supervivencia del orden del 52%. En el bosque nacional Alexander von Humboldt, la floración ocurre desde mediados de noviembre hasta enero y la fructificación desde febrero hasta octubre. La maduración se presenta en agosto y la diseminación de semillas desde mediados de agosto hasta octubre. En Ucayali florece de noviembre a enero y fructifica de agosto a setiembre. En un kilo de semillas existen aproximadamente 5 000 unidades. Se puede efectuar la propagación vegetativa mediante estacas, preferentemente de árboles jóvenes; las estacas de 40 cm de largo y de 2 a 3 cm de diámetro dieron buenos resultados, con una sobrevivencia del 80%,

2.9. Descripción botánica del *Cedrela odorata* L. (cedro)

“Los cedros son árboles de tamaño mediano a grande. Normalmente tienen entre 15 y 20 m de altura y de 40 a 60 cm de diámetro a la altura del pecho (dap); en casos excepcionales, se encuentran ejemplares que alcanzan hasta 40 m de altura y unos 2 m de diámetro” (BETANCOURT, 1987).

CONAFOR (2005) precisa que, “el árbol de cedro puede alcanzar entre 35 y 40 m de altura y hasta 1.7 de diámetro; su tallo es robusto y su corteza agrietada”. De acuerdo a BETANCOURT (1987), “el fuste de este árbol es recto y cilíndrico; a más de la mitad de la altura del árbol se forma la copa de ramas ascendentes y gruesas, en forma de cúpula. La corteza es de color gris claro en los árboles jóvenes y ligeramente dividida

en placas por leves fisuras; en los ejemplares maduros se agrieta y las hendiduras van aumentando con la edad del árbol; la corteza interior es de color rosado a castaño claro, con textura fibrosa y sabor amargoso”.

2.9.1. Distribución geográfica y usos

Se encuentra en América tropical. En el Perú está diseminada en el departamento de Ucayali (Yarinacocha). Descripción botánica: Arbol de tronco recto que alcanza una altura de 40 m, copa grande globosa, alargada, corteza gruesa, áspera y acanalada, con surcos profundos, de color café oscuro o gris. Hojas alternas paripinnadas con 5 a 11 pares de folíolos asimétricos, ovados. Inflorescencia terminal en panícula de 15 a 40 cm de largo. Flores pequeñas, de 5 a 6 mm de longitud, hermafroditas, blanquecinas, cáliz 5 denticulado, pétalos puberulentos. Fruto cápsula leñosa pentavalvar, oblonga de 5 a 6 cm de largo, redondeada en ambos extremos, con eje central de 5 ángulos, ápice ancho donde se insertan alrededor de 15 semillas comprimidas y aladas en la base, con endosperma delgado.

“La madera de cedro puede usarse en acabados y divisiones de interiores, muebles de lujo, chapas decorativas, artículos torneados, gabinetes de primera clase, puertas talladas, contrachapados, molduras y paneles. Además tiene otros usos ya que es una buena especie melífera, tiene uso medicinal, las hojas, la corteza y la madera han sido utilizadas en varios países para tratar diversas dolencias” (DE RODRÍGUEZ, 2000).

2.9.2. Requerimientos ecológicos: clima, suelo, y biotopo de población natural

- Clima: Tropical, con elevada intensidad solar, temperatura media anual de 22 a 27°, precipitación pluvial entre 1 200 a 3 300 mm/año.
- Suelo: Crece vigorosamente en suelos extremadamente ácidos (pH menor de 4,5), franco arcilloso y con buen drenaje, así como en inundables recientes (restingas). También se desarrolla en suelos de textura franco arcillo-limosa y con pH moderadamente ácido a ligeramente alcalino.
- Biotopo de poblaciones naturales: Habita en tierras altas de la selva y márgenes inundables de los ríos.

2.9.3. Importancia de las plantaciones forestales comerciales

Es importante señalar, que las plantaciones forestales son necesarias en términos generales, pero son de vital importancia para el abastecimiento a la industria de la celulosa, no descartando el abastecimiento al resto de la industria forestal, que requiere de productos más maduros y de plantación en su cultivo a más largo plazo (ROSAS, 1989).

“Una plantación forestal comercial se refiere al establecimiento, cultivo y manejo de vegetación forestal en terrenos temporalmente forestales o preferentemente forestales, cuyo objetivo principal es la producción de materias primas forestales destinadas a su industrialización y/o comercialización” (SEMARNAT, 2003).

Las plantaciones comerciales presentan características favorables que se plantea como una alternativa adecuada para producir los volúmenes de madera que exige el mercado en volumen, costo y precios de madera

que sean competitivos ante el mercado internacional. No obstante estas grandes ventajas, para que se establezcan será necesario implementar una política de incentivos que motiven y apoyen a los productores e industriales para que inviertan en ellas (TORRES, 1996).

“No se trata solo de incrementar el valor agregado de los productos en las plantaciones comerciales, sino de obtener precios diferenciados derivados de un reconocimiento a la sustentabilidad, debido a la seguridad que representa para el cliente la adquisición de productos provenientes de prácticas sustentables o sostenibles de manejo de los recursos forestales” (MONREAL, 2005).

Las plantaciones forestales son importantes para recuperar como para conservar los recursos naturales del país; así como desde el punto de vista económico y social para la obtención de materia prima para el uso industrial y los beneficios que se generen con su creación, también se ha demostrado que las plantaciones forestales proporcionan beneficios notables ya que modifican y mejoran las condiciones ambientales por ello a mayor volumen de plantaciones forestales, mayor volumen de agua habrá, así como, una gran diversidad de especies tanto de fauna como de flora originados por el clima (ROSAS, 1989, CONTRERAS, 1995 y BENÍTEZ,1995)

2.10. Antecedentes de estudio

“Experiencias en fertilización en *C. spruceanum* en Pucallpa, con un ensayo de 12 meses sobre diámetro y profundidad de hoyos, en suelo compactado y ácido (pH = 4.6) y con la adición de 200 g de roca fosfórica, se

obtuvo los siguientes resultados de crecimiento en altura: 2.10 m y 87% de sobrevivencia en hoyos de 20 x 40 cm y en hoyos de 20 x 60 cm” (INIA, 2003).

CORNELIUS (2004) menciona que, “el Ca es un elemento importante para un buen desarrollo de las plantas de *C. spruceanum*, el autor ha encontrado una relación positiva entre el incremento de la disponibilidad del calcio en el suelo y la altura dominante a 28 meses”.

Mientras que en fajas de enriquecimiento se encontró un IMA de 1.5 m para la altura de planta (LA TORRE, 2009). Otros trabajos, “reportan crecimiento de 81.03 – 147.72 cm en altura total de planta, y diámetros de 1.17 a 1.96 cm después de 24 meses de instalación. Asimismo, se reportan crecimientos en altura de 219.25 y 184.9 cm bajo dosis de 1 kg/planta y ½ kg/planta de guano de isla a los 5 meses de evaluación” (VELA, 2005).

Zavaleta (1992), citado por AGRORURAL (s/d), resalta las propiedades del abono orgánico guano de las islas, “en el efecto comparativo de la aplicación de un testigo (T) sin recibir guano ni estiércol, 560 kg de guano de las islas (G), 5,000 kg de estiércol (E) y guano + estiércol (GE) combinado en ambas proporciones en el cultivo de papa (kg/ha), en experimentos realizados en cinco lugares del Perú. En los cinco lugares experimentados, la producción se incrementó significativamente con el tratamiento guano de las islas + estiércol”.

TORRES y FRANCO (1994) exploraron “la posibilidad de incrementar la productividad de *Pinus caribaea* a través de la fertilización con roca fosfórica (27% P₂O₅, 39% CaO) micronizada y bórax, ya que P y B

presentaron una concentración muy baja en el follaje, en una plantación de dos años de edad y otra de once años, establecidas en 1988 y 1979 respectivamente”.

En ambos ensayos se probaron tres dosis de fosforita: 0, 200 y 400 kg/ha. En la plantación de 1988 se combinaron estos tratamientos con dos dosis de bórax, 0 y 25 g/planta, mientras que en la plantación de 1979 se aplicó una dosis base de bórax de 25 g/planta cuando se fertilizó. Veinte meses después de la aplicación, los parámetros evaluados no reflejan un efecto de la fertilización sobre el crecimiento del pino. Es probable que este efecto pueda observarse en una fase más avanzada de la plantación. Asimismo, LAMB (1973), en Queensland (Venezuela) “probó cuatro tipos de fertilizante fosfatado en plantaciones de *P. elliotii*, donde cuatro años después, los dos tipos de fertilizantes más solubles (superfosfato y fosfato calcinado) produjeron una mejora en el crecimiento, pero las rocas fosfóricas no lo hicieron”.

“Sin embargo, en plantaciones más viejas de *P. taeda*, también en Queensland (Venezuela), se encontraron evidencias de que la roca fosfórica podía mejorar el incremento en volumen varios años después de su aplicación. De manera similar, en la isla de Cuba se encontró que, en plantaciones de pino caribe sobre suelos ferralíticos cuarcíticos (Luvisols) muy ácidos (pH 4.5) una dosis de 100 kg/ha de roca fosfórica incrementó en un 42% la productividad, en relación con el testigo, 14 años después de su aplicación” (VILLEGAS y CHANG, 1991).

DISTANCIA *et al.* (2008) afirman que, en su estudio en Jalisco. México, donde evaluó el crecimiento de cuatro especies, lo cual fueron

establecidas en el año 1992, y fue evaluado por un periodo de trece años, donde la *Cedrela odorata* obtuvo los promedios más bajo, en altura alcanzo a 5.6 m, en el diámetro de 7.5 m a los trece años de instalado estas especies.

TRUJILLO (2015) menciona que, “en su estudio realizado en Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria y Puerto Súngaro (CIPTALD), área que pertenece a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS); ubicado políticamente en el distrito José Crespo y Castillo, provincia Leoncio Prado y región Huánuco donde evaluó la influencia del guano de isla y roca fosfórica en una plantación de la especie de capirona (*Calicophyllum spruceanum*) donde determino una correlación positiva muy fuerte ($r > +0.90$) para los tratamientos utilizados en su investigación (T0: Sin abonamiento; T1: Roca Fosfórica 100 g + Guano de isla 100 g; T2: Roca Fosfórica 100 g + Guano de isla 200 g; T3: Roca Fosfórica 100 g + Guano de isla 400 g; T4: Roca Fosfórica 100 g + Guano de isla 800 g), respecto a la relación altura total y diámetro del fuste, mayor valor de correlación presentó la altura total en el T₃ respecto al tiempo después del establecimiento ($r = 0.983$)”.

CHUNG (2013) dice que, “el estudio del efecto de la fertilización inicial con NPK en tres especies forestales, shaina (*Colubrina glandulosa* Perkins), capirona (*Calicophyllum spruceanum* Benth) y cedro (*Cedrela odorata* L.) en campo definitivo en la región de San Martín-Perú. El fertilizante utilizado fue Molimax (20-20-20). Donde la *Cedrela odorata* L demostró a los 15 y 105 días ser superior a las demás especies con alturas de 34.2 cm y 117.4 cm respectivamente. Con respecto a la variable diámetro con respecto al periodo

de evaluación también resulto ser mejor a los 15, 105 y 195 días con diámetros de 0.37, 3.67 y 4.99 cm respectivamente”.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se llevó a cabo en una plantación forestal establecida con la especie *Cedrela odorata* L. ubicada en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo, Anexo La Divisoria y Puerto Súngaro (CIPTALD-UNAS), terreno perteneciente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS); políticamente corresponde al distrito Pueblo Nuevo en la provincia Leoncio Prado de la región Huánuco.

Considerando la clasificación de Leslie Ransselaer Holdridge en base a las zonas de vida y el diagrama bioclimático, el distrito Pueblo Nuevo se ubica en la formación vegetal denominada bosque muy húmedo Pre montano Tropical (bmh – PT) y en base a la categorización por Javier Pulgar Vidal denominado las regiones naturales del Perú, dicho lugar pertenece a la selva alta o también conocido como Rupa Rupa. Como ubicación geográfica, corresponde a las coordenadas UTM 385220 Este, 8991110 Norte y la altitud de 610 m.s.n.m.

La Estación Experimental Tulumayo presentan tipos de suelos que se caracterizan contener fertilidad media, sin horizontes diferenciados, topografía plana y con gran humedad en la época de lluvias.

Respecto al clima, presenta una temperatura máxima de 29.4 °C, mínima de 19.2 °C, y la media de 24.3 °C; en caso de la precipitación promedio anual acumulada asciende hasta los 3300 mm y la humedad relativa es 87%.

El comportamiento de la precipitación del medio donde se ejecutó el estudio, presentan dos periodos bien diferenciados, una primera con escasa precipitación abarcando meses desde marzo a octubre del 2018 y el segundo periodo con alta precipitación que abarca de noviembre 2018 hasta el mes de marzo 2019 (Figura 1) (SENAMHI, 2019).

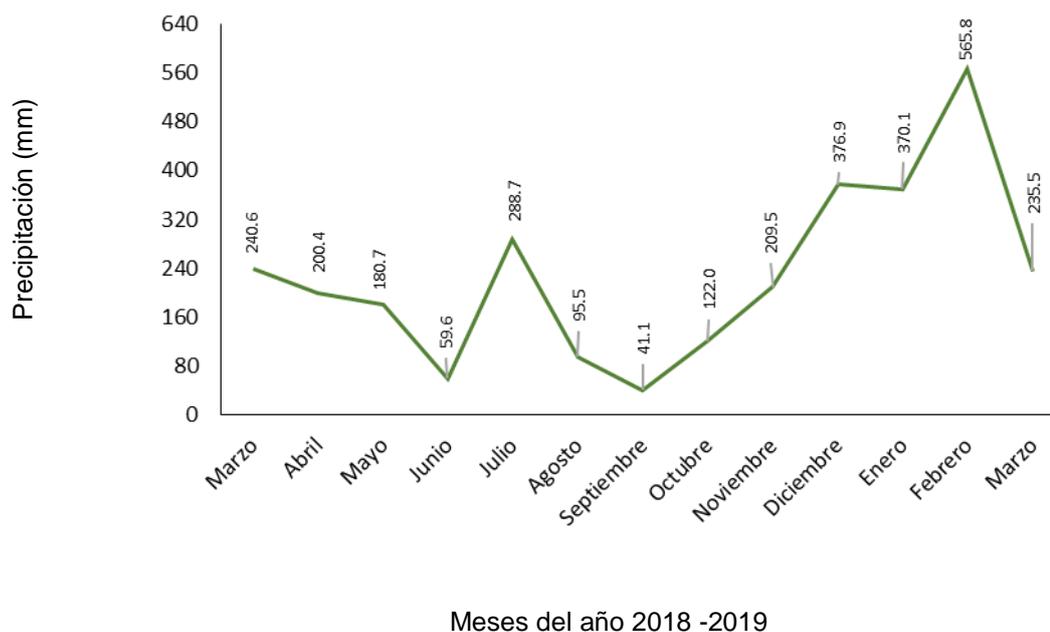


Figura 1. Registro de datos climatológicos

3.1.1. Descripción del área de estudio

El lugar en que se realizó la plantación, presenta como antecedentes un ex cultivo del arroz (*Oriza sativa*), que es una especie vegetal caracterizada por ser muy extractiva de los nutrientes del suelo.

La plantación fue instalada por alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal el 30 de setiembre del año 2017 con plántones producidos en el vivero forestal y ornamental El Silvicultor – UNAS, ubicado en la ciudad de Tingo María, los cuales fueron plantados con un distanciamiento de 10 m x 10 m en un área de 6000 m² (60 plantas), previa aplicación con cal agrícola (encalante) para ser neutralizado el potencial de hidrogeno (pH).

La parcela se encuentra protegido por un cerco perimétrico con postes de cemento en tubos de PVC, alambrados de extremo a extremo con una entrada principal hecha de rejas de fierro y techo de calamina, de esta manera es protegido por los ganados que circulan por la zona.

3.2. Materiales, fertilizantes y equipos

3.2.1. Material vegetativo

- Plantas de *Cedrela odorata* L.

3.2.2. Materiales

Se consideró el uso de los formatos de evaluación, libreta de campo, wincha de 30 m, flexómetro de 5 m, vernier, jalón, machete, pala recta, envases graduados, plumones, pintura y letreros.

3.2.3. Fertilizantes

- YaraMila Integrador en concentraciones de: 160, 200, 240 g.
- Roca Fosfórica en concentración de 100 g.

3.2.4. Equipos

Balanza de 1.0 kg, cámara fotográfica con 7.2 megapíxeles, receptor GPS (Sistema de Posicionamiento Global) marca Garmin x12, la desbrozadora o motoguadaña y una brújula.

3.3. Metodología

3.3.1. Incremento del diámetro de fuste en *Cedrela odorata* L. bajo fertilización

En primer lugar, se realizó un recorrido exploratorio en el ámbito de la plantación forestal de *Cedrela odorata* L. a fin de conocer los límites la zona de ingreso al área de estudio y características de la zona.

Con el propósito de realizar las aplicaciones de los tratamientos y las posteriores mediciones, se ha tenido que realizar la limpieza total del área que se encontraba conformada por gramíneas principalmente y otras especies forestales, para esta actividad se utilizó la motoguadaña, también se realizaron la limpieza de los bordes y la entrada a la parcela experimental. Las demás actividades de limpieza general se realizaron en periodos de cada 60 días antes de cada evaluación.

Como mantenimiento de la parcela experimental muy aparte de la limpieza general que se realizó cada dos meses, a su vez se tuvo la necesidad de realizar el manejo integrado de plagas (MIP). Mediante la fumigación con insecticida para el control de la presencia de insectos (*Hypsipyla grandella* comúnmente conocido como polilla barrenadora o taladrador de las meliáceas,

avispas, hormigas y querezas) que algunos dificultaron las labores de limpieza, medición y fertilización, y por otro lado también se aplicó fungicida para prevenir y controlar los diferentes hongos que se encuentren en la parte del haz y envés de las hojas limitando la actividad fotosintética de las plantas.

Cabe señalar que estas dos actividades complementarias sobre el manejo integrado de plagas y enfermedades se realizó de forma uniforme para toda la plantación del trabajo de investigación.

Una vez establecida la plantación se evaluó las variables para el incremento del diámetro, se tuvo que realizar una marcación en el fuste de las plantas a 10 cm de la superficie del suelo, para ello se utilizó un flexómetro, un pincel y pintura. Se registró las dimensiones en centímetro mediante la utilización del vernier y de manera similar a la variable altura, se realizó seis evaluaciones.

En la cual, la evaluación del diámetro implicaba la aplicación de las dosis la cual se dio en tres fases, la primera fase se realizó el mes de abril del año 2018 y una última fase el mes de diciembre del mismo año cumpliendo con la dosis completa por cada tratamiento según corresponda, para lo cual se utilizó botellas plásticas graduados y marcados según el peso respectivo de los fertilizantes por cada tratamiento.

Previo a ello se realizó el tareo de los envases y de esta manera se aplicó el peso exacto con la dosis de 40, 50, 60, 80, 100, y 120 gramos de YaraMila Integrador; 25 y 50 gramos de roca fosfórica.

Para realizar la fertilización respectiva, se tuvo que limpiar mediante un plateo previo en la base y alrededor de las plantas, seguidamente se realizó una zanjilla en forma circular para cada aplicación de aproximadamente 8 cm de profundidad para luego ser cubierto el fertilizante con la misma tierra agrícola que rodea la planta, esto se realizó con el fin de evitar posible pérdida de nutrientes por efecto de las lluvias o cualquier otro animal roedor de la zona de investigación.

3.3.2. Incremento de la altura total en *Cedrela odorata* L. por efecto de la fertilización

Con respecto al incremento de la altura total de *Cedrela odorata* L al igual que el diámetro se realizó evaluaciones periódicas donde lo cual se realizó utilizando un flexómetro de 5 m, se consideró desde la base de la planta hasta la parte apical de la copa, las evaluaciones se registraron en metros y se realizó seis evaluaciones incluido el inicial (se evaluaron cada dos meses).

Con respecto a las aplicaciones de las dosis, se dieron en tres fases cada 4 meses y las evaluaciones se realizaron desde el mes de abril a siete meses después del establecimiento, cada dos meses hasta el mes de febrero del 2019, que a continuación se detalla en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Frecuencia para la aplicación de las dosis por fases y evaluaciones

N° de fases	N° de evaluación	Variable a evaluar	Mes	Año
1	1	Altura y diámetro	Abril	
	2	Altura y diámetro	Junio	
2	3	Altura y diámetro	Agosto	2018
	4	Altura y diámetro	Octubre	
3	5	Altura y diámetro	Diciembre	
	6	Altura y diámetro	Febrero	2019

3.3.3. Correlación de las variables evaluadas en la planta de *Cedrela odorata* L; con el tiempo desde el establecimiento

Se realizó mediante una prueba estadística para analizar la relación entre dos variables medidas en un nivel por intervalos o de razón, fue el coeficiente de Correlación de Pearson (r), pudiendo variar desde -1.0 hasta +1.0, siendo:

-1.00 = “Correlación negativa perfecta”. (“A mayor X, menor Y”, de manera proporcional. Es decir, cada vez que X aumenta una unidad, Y disminuye siempre una cantidad constante). Esto también se aplica “a menor X, mayor Y”.

-0.90 = “Correlación negativa muy fuerte”.

-0.75 = “Correlación negativa considerable”.

-0.50 = “Correlación negativa media”.

-0.25 = "Correlación negativa débil".

-0.10 = "Correlación negativa muy débil".

0.00 = "No existe correlación alguna entre las variables".

+0.10 = "Correlación positiva muy débil".

+0.25 = "Correlación positiva débil".

+0.50 = "Correlación positiva media".

+0.75 = "Correlación positiva considerable".

+0.90 = "Correlación positiva muy fuerte".

+1.00 = "Correlación positiva perfecta". ("A mayor X, mayor Y" o "a menor X, menor Y", de manera proporcional. Cada vez que X aumenta, Y aumenta siempre una cantidad constante).

El signo indicó la dirección de la correlación (positiva o negativa); y el valor numérico, la magnitud de la correlación. Mediante el programa computacional de análisis estadístico SPSS v.19, se reportó si el coeficiente es o no significativo de la siguiente manera:

$r = 0.7831$ (valor del coeficiente)

P-valor = 0.001 (significancia)

N = 56 (número de casos correlacionados)

Si p-valor es menor del valor 0.05, se dirá que el coeficiente es significativo en el nivel de 0.05 (95% de confianza en que la correlación sea verdadera y 5% de probabilidad de error). Si es menor a 0.01, el coeficiente

pertenece ser significativo al nivel de 0.01 (99% de confianza de que la correlación sea verdadera y 1% de probabilidad de error).

Se consideró lo mencionado por HERNÁNDEZ et al. (2010), que “una correlación de Pearson puede ser significativa, pero si es menor a 0.30 resulta débil, aunque de cualquier manera ayuda a explicar el vínculo entre las variables”.

Asimismo, cuando el coeficiente r de Pearson es elevado al cuadrado (r^2), se obtendrá el coeficiente de determinación y el resultado indicó la varianza de factores comunes. Esto fue, el porcentaje de la variación de una variable debido a la variación de la otra variable y viceversa (o cuánto explica o determina una variable la variación de la otra).

3.4. Diseño de investigación

3.4.1. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones por cada tratamiento constituidos de la siguiente manera.

T₀ : Sin abonamiento

T₁ : Roca Fosfórica 100 g + YaraMila Integrador 160 g

T₂ : Roca Fosfórica 100 g + YaraMila Integrador 200 g

T₃ : Roca Fosfórica 100 g + YaraMila Integrador 240 g

Los tratamientos fueron aplicados en diferentes dosis de fertilización (YaraMila integrador y roca fosfórica), después de siete meses de haber sido instalado, la primera aplicación fue el mes de abril del año 2018, por un periodo de cada cuatro meses hasta la última aplicación el mes de diciembre del mismo año. En el cuadro 2 se indica la disposición experimental en campo de estos tratamientos que fueron sometidos.

Cuadro 2. Disposición experimental

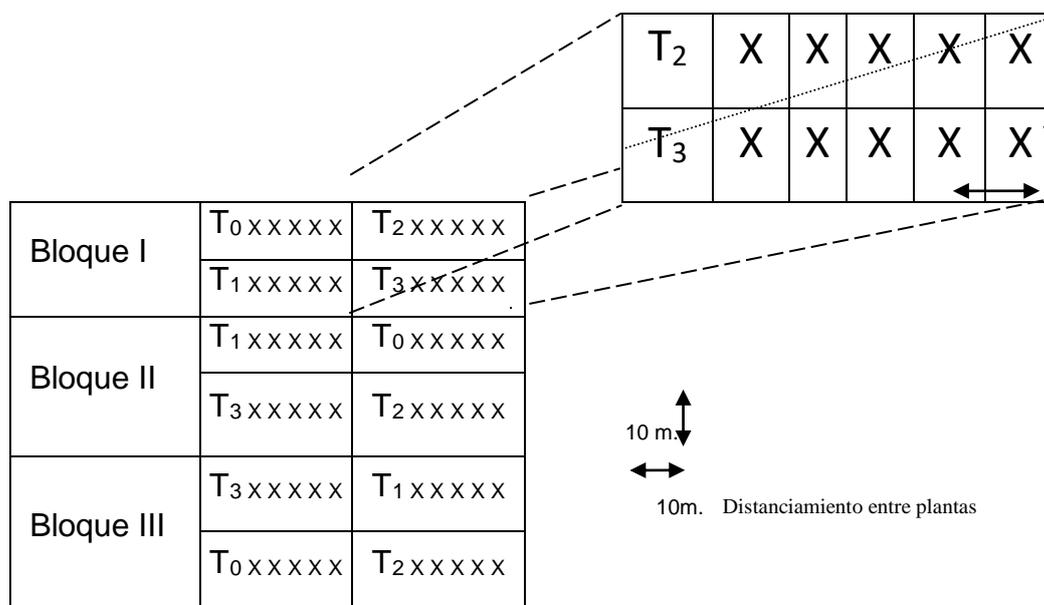
Bloque I	T ₀	T ₂
	T ₁	T ₃
Bloque II	T ₁	T ₀
	T ₃	T ₂
Bloque III	T ₃	T ₁
	T ₀	T ₂

El experimento tendrá las siguientes características:

Número de tratamientos	: 4
Número de bloques	: 3
Número de plantones por unidad experimental	: 5
Número de planta por bloque	: 20
Número total de plantas	: 60
Área de experimentación	: 6000 m ²

Asimismo, en la figura 2 se muestran el croquis de la parcela experimental.

Detalle de las unidades experimentales



X = Planta de cedro.

Figura 2. Croquis de la parcela experimental.

Cuadro 3. Fases de fertilización

Tratamiento	Fertilizante				Fertilizante			
	YaraMila Integrador (g)				Roca fosfórica (g)			
	Primera fase	Segunda fase	Tercera fase	Total dosis	Primera fase	Segunda fase	Tercera fase	Total dosis
T ₀	0	0	0	0	0	0	0	0
T ₁	40	40	80	160	25	25	50	100
T ₂	50	50	100	200	25	25	50	100
T ₃	60	60	120	240	25	25	50	100

3.4.2. Análisis de varianza

La fuente de variación en el análisis de varianza, estuvo constituido por los bloques elaborados, los tratamientos aplicados y el error experimental.

Cuadro 4. Modelo del análisis de varianza

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Bloques	2
Tratamientos	3
Error experimental	6
Total	11

El coeficiente de variación fue analizado con las escalas para calificar la variabilidad de las variables entre individuos, se consideró el criterio de Calzada (1970), siendo:

- Entre 5% y 10%: excelente dispersión de los datos.
- Entre 11% y 15%: muy buena dispersión de los datos.
- Entre 16% y 20%: buena dispersión de los datos.
- Entre 21% y 25%: regular dispersión de los datos.
- Entre 26% y 31%: mala dispersión de los datos.
- Más de 31 %: muy mala dispersión de los datos.

Para el análisis de las diferencias entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Duncan, ya que esta prueba ajusta la diferencia crítica considerando si los promedios que se comparan son

adyacentes, asimismo su aplicación es secuencial, en el sentido de no utilizar un único valor crítico para todas las diferencias de medias.

3.4.3. Modelo aditivo lineal

El modelo aditivo lineal para un DBCA es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, \dots, t \quad j = 1, \dots, b$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta del i – ésimo tratamiento en el j – ésimo bloque

μ = Promedio aritmético general

T_i = Efecto de los tratamientos

B_j = Efecto de los bloques

ε_{ij} = Error aleatorio

j = Ésimo bloques

t = Cantidad de tratamientos

b = Cantidad de bloques

3.4.4. Variables evaluadas

Variabes dependientes

- Diámetro basal
- Altura total de la planta

Variabes independientes

- Dosis de YaraMila integrador
- Dosis de Roca fosfórica

- Plantas de cedro

IV. RESULTADOS

4.1. Incremento del diámetro en las plantas instaladas en campo definitivo de la especie *Cedrela odorata* L. bajo fertilización

Para el incremento del diámetro, se registró que los bloques establecidos alcanzaron similares comportamientos, lo cual explica que los medios donde se establecieron las plantas de *Cedrela odorata* L tuvieron características homogéneas; así mismo, se observa que los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 5). El modelo presenta un coeficiente de variación de 19.38%, lo cual representa una buena dispersión de datos.

Cuadro 5. ANVA para el diámetro de fuste en *Cedrela odorata* L., bajo fertilización.

FV	SC	GL	CM	FC	P-Valor
Tratamiento	2.868	3	0.956	1.219	0.799 ^{ns}
Bloque	1.097	2	0.548	0.699	0.692 ^{ns}
Error	4.706	6	0.784		
Total	13.696	11			

CV : 19.38%

ns: No presenta diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$): FV: Fuente de Variación, SC: Suma de cuadrados; GL: Grado de Libertad; CM: Cuadrado Medio; FC: Factor Calculado.

Al realizar la comparación de medias entre los tratamientos, se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los promedios para cada tratamiento.

Cuadro 6. Prueba Duncan para el diámetro de fuste en *Cedrela odorata* L., bajo fertilización

Tratamiento	Promedio	Significancia	
T ₂	5.54	a	
T ₃	4.94	a	b
T ₁	4.48	a	b
T ₀	3.32		b

Letras diferentes muestran significancia estadística ($p < 0.05$).

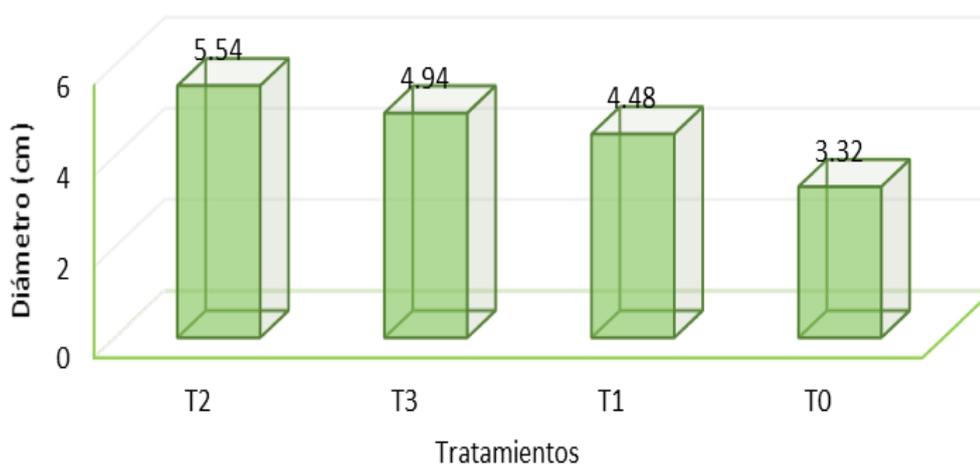


Figura 3. Diámetro del tallo de plantas de *Cedrela odorata* L.

Se obtuvo mayor crecimiento de la variable diámetro al aplicar 100 g de roca fosfórica + YaraMila Integrador 200 g, lo cual es mayor

estadísticamente a los demás tratamientos, asimismo el T₃ y T₁ son estadísticamente iguales Cuadro 6 y Figura 3.

4.2. Incremento de la altura total en las plantas instaladas en campo definitivo de la especie *Cedrela odorata* L. bajo fertilización

El ANVA de la variable altura muestra que no existe diferencia estadísticamente significativa entre bloques, lo cual evidencia homogeneidad de los suelos y el clima; así mismo, los tratamientos, no presentaron diferencias estadísticas significativas sobre esta variable. Los valores del diámetro del tallo han generado muy buena distribución de los datos, debido a que el coeficiente de variación alcanzado fue menor del 20%, lo cual es aceptable para investigaciones realizadas en campo (Cuadro 7).

Cuadro 7. ANVA para la altura en *Cedrela odorata* L., bajo fertilización

FV	SC	GL	CM	FC	P-Valor
Tratamiento	0.360	3	0.120	1.541	0.298 ^{ns}
Bloque	0.026	2	0.013	0.168	0.849 ^{ns}
Error	0.467	6	0.078		
Total	1.815	11			

CV : 11.99%

ns: No presenta diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$): FV: Fuente de Variación, SC: Suma de cuadrados; GL: Grado de Libertad; CM: Cuadrado Medio; FC: Factor Calculado.

Al comparar los promedios de los diferentes tratamientos, se obtuvieron que el tratamiento T₂ (100 g de roca fosfórica + YaraMila Integrador 200 g), fue superior a los demás tratamientos, pero es igual estadísticamente al

tratamiento T₃ (100 g de roca fosfórica + YaraMila Integrador 240 g) Cuadro 8 y Figura 4.

Cuadro 8. Prueba Duncan para la altura de fuste en *Cedrela odorata* L., bajo fertilización

Tratamiento	Promedio	Significancia	
T ₂	2.72	a	
T ₃	2.58	a	b
T ₁	2.08		b c
T ₀	1.93		c

Letras diferentes muestran significancia estadística ($p < 0.05$).

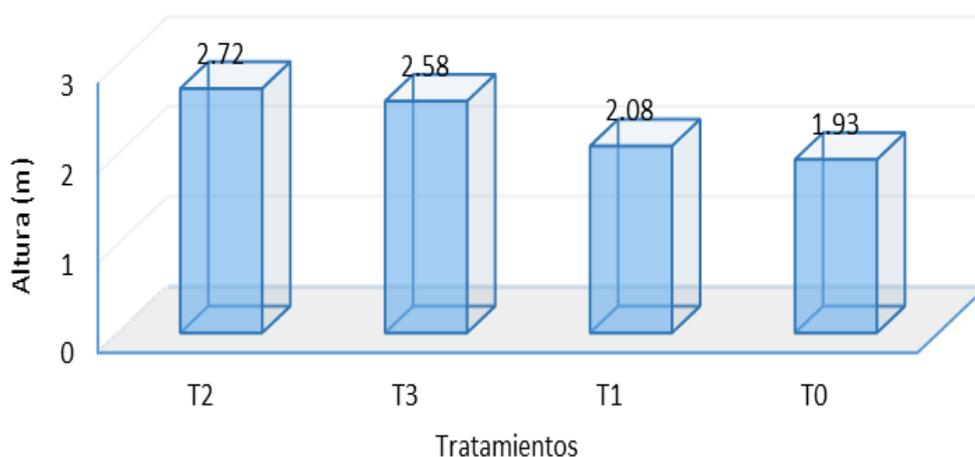


Figura 4. Altura total de plantas de *Cedrela odorata* L.

4.3. Correlación entre la altura total y el diámetro en las plantas de *Cedrela odorata* L. bajo fertilización

Se registró correlación positiva perfecta solo para el testigo T₀, en función a las variables altura total y diámetro, mientras que los demás tratamientos mostraron correlación positiva considerable ($r > +0.75$), lo que se traduce en que, si la altura se va incrementando, la variable diámetro también se incrementará.

Correlación positiva: A un crecimiento de altura corresponde un crecimiento de diámetro. Controlando la evolución de los valores de altura, quedan controlados los valores de diámetro. Cuadro 9 y Figura 5.

Cuadro 9. Correlación entre las variables (dependiente e independiente) de la Investigación

Tratamientos	Variables dasométricas	Relación	
		r	Sig.
T ₀	Altura (m)		1.000**
	Diámetro (cm)		0.007
T ₁	Altura (m)	0.896	
	Diámetro (cm)	0.293	
T ₂	Altura (m)	0.953	
	Diámetro (cm)	0.197	
T ₃	Altura (m)	0.897	
	Diámetro (cm)	0.291	

r: Coeficiente de correlación de Pearson

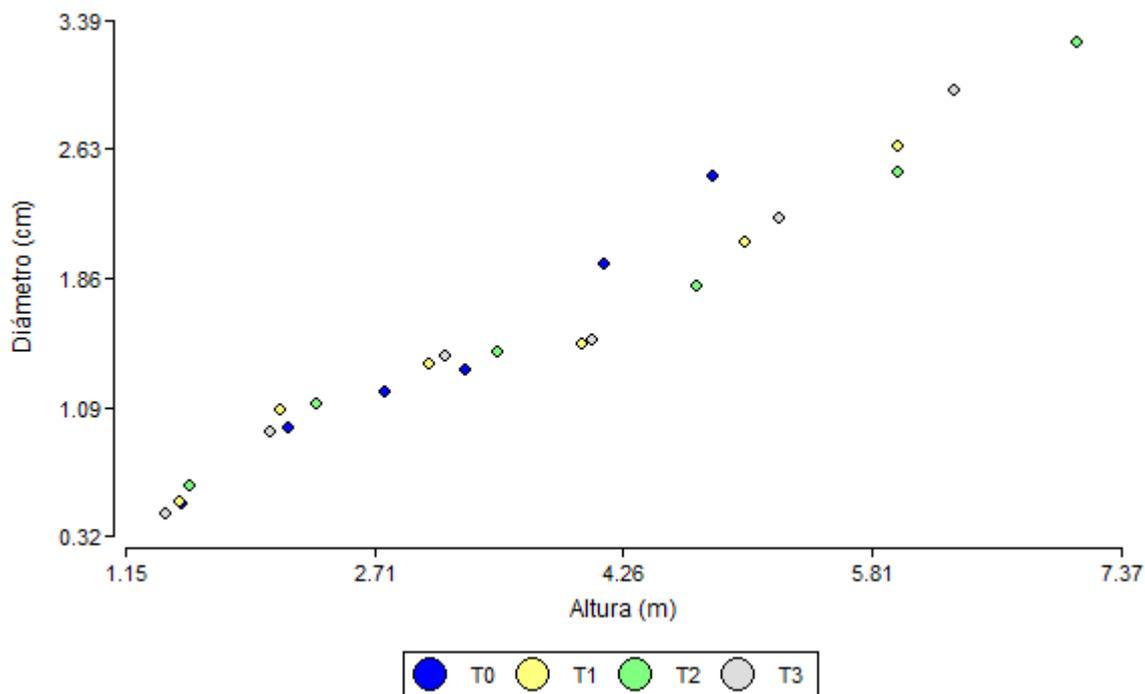


Figura 5. Correlación entre diámetro y altura de plantas de *Cedrela odorata* L.

V. DISCUSIÓN

5.1. Incremento del diámetro de Fuste en *Cedrela odorata* L. bajo fertilización

No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos aplicados (YaraMila integrador y roca fosfórica), resultados que son afirmados por (BENEDETTI y SAAVEDRA, 2005), al mencionar que los árboles forestales son poco dependientes de la fertilización. Lo mismo para los tratamientos en estudio no presentan diferencias estadísticamente significativas, pero en la prueba de comparación de Duncan se muestra que el tratamiento 2 presenta diferencias estadísticas comportándose superior al 95% de confiabilidad y numéricamente mayor que los demás tratamientos.

Respecto a lo mencionado, es corroborado por (DISTANCIA *et al.*, 2008), en el cual encontró un crecimiento menor en diámetro en la especie de *Cedrela odorata* teniendo un diámetro al final después de 13 años solo 13 cm, comparado a los resultados obtenidos en la investigación donde el mejor tratamiento ($T_2=100$ g de roca fosfórica + 200 g YaraMila Integrador), obtuvo un incremento de 5.56 cm en un periodo de evaluación de once meses. Posiblemente se deba a que estas plantaciones se reporta evidencias de ataques de *Hypsiphylia grandella*. La presencia de este insecto pudo influir en el crecimiento en diámetro en la plantación.

Cuando hay suelos con desequilibrios nutricionales respecto a los macronutrientes (P, K, Mg, N o Ca) se tienen plantas con deficiencias en su crecimiento y otras manifestaciones como las coloraciones diferentes al verde intenso que son normales en las plantas bien nutridas. Añadiendo a lo anterior, también se pueden observar comportamientos parecidos por el exceso de elementos como el calcio. En caso de los micronutrientes (Mn, Mo, Fe, Co, Zn, entre otros) también producen síntomas iguales a los mencionados pero en menor medida y frecuencia (MONTERO *et al.*, 2003).

5.2. Incremento de la altura total en *Cedrela odorata* L. bajo fertilización

En los resultados obtenidos no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos aplicados (YaraMila integrador y roca fosfórica). Sin embargo, al realizar la prueba de Duncan, se observa diferencias estadísticas entre las medias de la variable respuesta sobre la fertilización siendo el mejor el tratamiento T₂, resultado que puede obedecer a las condiciones óptimas encontradas en el lugar donde se estableció la parcela experimental (plantación), dicha afirmación es corroborado por MONTERO *et al.* (2003) al reportar que las especies establecidas son mucho más compatibles con las propiedades físicas y químicas de los cuando se logra escoger un suelo adecuado para dicha especie, con el cual se conlleva a la conclusión de que la fertilización aplicada no repercute de manera significativa sobre el crecimiento inisial de los plantones establecidos.

Asimismo, cabe señalar que la fertilidad del suelo no es suficiente para el éxito del crecimiento en este caso para la planta de cedro; es necesario tener en cuenta que el clima forma un papel muy importante y determinante en muchos casos. Esto quiere decir que se puede tener un suelo fértil y que dadas las temperaturas extremas no es capaz de desarrollarse adecuadamente, entonces se puede mencionar que es un suelo fértil, no productivo

Muchos autores recomiendan que para instalar una plantación se tiene que muestrear los suelos y someter a su análisis respectivo con la finalidad de que dichos resultados sean comparados con los requerimientos nutricionales de la especie a establecer; si se encuentra que los resultados se encuentran muy por debajo de dichos requerimientos se tendrá que ejecutar la plantación considerando fertilizar por periodos entre cuatro a cinco años, de lo contrario si se ve comprometido con la parte económica dicha parcela se tiene que cambiar la especie o no ejecutar la plantación en dicha área.

A pesar de las fuentes mencionadas en los párrafos anteriores, se registró que la dosis 100 g de Roca fosfórica + 200 g de YaraMila integrador (T₂) presentaron mejor influencia sobre el incremento de la variable altura total, y con la cantidad correspondiente a 100 g de Roca fosfórica mezclada con 240 g de YaraMila integrador representado por el T₃, se observó menores dimensiones respecto al incremento de la altura total en la especie en estudio. Este comportamiento se pudo atribuir a la dosificación excesiva utilizada, afectando a los órganos de las plantas como es el sistema radicular ya que el el fertilizante en estudio es asimilado en menor tiempo en comparación a los

fertilizantes orgánicos debido a su origen sintético; añadiendo a esto, el fertilizante sintético se pudo haber perdido de manera indirecta por la humedad del suelo como los procesos de lixiviación, también se fueron asimilados por otras especies vegetales que se encontraban muy cerca a las unidades de estudio o en todo caso fueron consumidos por los organismos presentes en el suelo. Autores como FLORES *et al.* (1996) indica que para la aplicación de fertilizantes en especies arbóreas o arbustos se tiene que realizar zanjillas en la superficie del suelo teniendo como indicativo la proyección de sus copas, luego se debe añadir los productos químicos u orgánicos se tiene que taparlos con la finalidad de no perder su contenido nutricional a causa de los rayos solares debido a que se pueden volatilizar los nutrientes como es el caso del nitrógeno.

Para DOMÍNGUEZ (1997) la interacción entre las propiedades físicas, químicas y microbiológicas determinan la fertilidad del suelo, siendo esta cualidad muy importante ya que se encuentran ligados al suministro de las condiciones adecuadas para las plantas y se ven repercutidas en su crecimiento y desarrollo de las plantas. Además, reportes de SÁNCHEZ (2007) ratifican que, para el crecimiento de las especies vegetales la fertilidad de los suelos no es suficiente en su totalidad debido a que hay factores como el clima que son prioritarios y de suma importancia; colocando como ejemplo se puede considerar en caso de que se tenga un suelo con fertilidad elevada y debido a que existe también la presencia de la temperatura extrema (tanto elevado como bajo), dicha planta no podrá desarrollarse o en caso de cultivos agrícolas no llegará resplandecer su potencial de producción que se traducirían en buenas cosechas, con el cual se denominará un suelo fértil pero no productivo.

5.3. Correlación de variables evaluadas en la planta de *Cedrela odorata* L., con tiempo desde el establecimiento

Según los resultados obtenidos, se registró una correlación significativa solo para el testigo en función a las variables evaluadas, con respecto TRUJILLO (2015) menciona que, en su estudio donde evaluó la influencia del guano de isla y roca fosfórica en una plantación de la especie de capirona (*Calycophyllum spruceanum*) donde determino una correlación positiva muy fuerte ($r > +0.90$) para los tratamientos utilizados en su investigación (T₀: Sin abonamiento; T₁: Roca Fosfórica 100 g + Guano de isla 100 g; T₂: Roca Fosfórica 100 g + Guano de isla 200 g; T₃: Roca Fosfórica 100 g + Guano de isla 400 g; T₄: Roca Fosfórica 100 g + Guano de isla 800 g), respecto a la relación altura total y diámetro del fuste, mayor valor de correlación presentó la altura total en el T₃ respecto al tiempo después del establecimiento ($r = 0.983$), en la investigación donde el testigo obtuvo mejor relación entre las variables se debe a que creció de manera uniforme pero en teniendo menor crecimiento que los demás tratamientos, ya que no hubo ningún tipo de fertilización para este tratamiento.

IV. CONCLUSIONES

1. Las plantas fertilizadas con 100 g de Roca fosfórica más 200 g YaraMila integrador (T₂) alcanzó 5.54 cm de incremento en diámetro superior a los demás tratamientos, y el T₀ (sin abonamiento) obtuvo el menor incremento con 3.32 cm en un periodo de 11 meses que perduró la investigación, no habiendo diferencias estadísticas entre tratamientos.
2. Para el incremento en altura el T₂ (100 g de Roca fosfórica más 200 g YaraMila integrador) presentan 2.72 m siendo superior a los demás tratamientos en estudio lo cual se encuentra estadísticamente igual con el T₃ (100 g de Roca fosfórica más 240 g YaraMila integrador), y testigo obtuvo 1.93 m siendo nuevamente el tratamiento con un menor incremento.
3. Se registró correlación positiva perfecta solo para el testigo T₀, en función a las variables evaluadas, mientras que los demás tratamientos mostraron correlación positiva considerable, con ($r > +0.75$).

V. RECOMENDACIONES

1. Determinar la intensidad de la exigencia nutricional de las especies vegetales que se establecerá en terreno definitivo. Y de esta manera se va completar a los niveles nutricionales del suelo con los requerimientos de las plantas para poder aplicar dicha dosis antes de realizar una plantación.
2. Para futuras investigaciones, se debe realizar análisis fisicoquímicos de los suelos en periodos de al inicio, medio y final de la investigación, para observar si existe o no cambios en las características físico-químicas del suelo en función a la fertilización y el incremento en diámetro y altura total de la especie.
3. Realizar más estudios con diferentes dosis de YaraMila integrador en otras especies, con el fin de observar el comportamiento y hacer comparaciones o diferenciar los resultados obtenidos en esta investigación

VI. ABSTRACT

In conditions of high jungle of the Peruvian Amazon, soil fertility is not sufficient for the growth of some forest plantations, which is why the research was conducted in order to determine the influence of integrative YaraMila and Phosphoric Rock on the initial growth of the cedar (*Cedrela odorata* L.) in definitive field. The investigation was carried out in a plantation of the Tulumayo Research and Production Center Annex La Divisoria and Puerto Súngaro, located politically in the José Crespo and Castillo district of the Huánuco region; the treatments considered were plants without fertilization (T_0), without fertilization; (T_1), Phosphoric rock 100 g + YaraMila Integrator 160 g; (T_2), Phosphoric rock 100 g + YaraMila Integrator 200 g; (T_3): Phosphoric rock 100 g + YaraMila Integrator 240 g, distributed under a randomized complete block design. Plants fertilized with T_2 reached 5.54 cm in diameter increase and those without fertilization with 3.32 cm in diameter increase in a period of 11 months that lasted the investigation; the increase in height the T_2 was greater with 2.72 m, and the control T_0 reached 1.93 m, and a considerable positive correlation ($r > +0.75$) was determined for the treatments used in the investigation, regarding the ratio increase in total height and diameter. Statistical differences were found in the evaluated variables, with the exception of the control.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACP (AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ). 2006. Manual de reforestación. Cuenca hidrográfica del canal de Panamá. División de administración ambiental; Sección de manejo de cuenca. Volumen 1. Panamá. 32 p.
- BENÍTEZ T., R. S. 1995. La importancia de las plantaciones forestales en el mejoramiento ambiental. In: III Reunión nacional sobre plantaciones forestales. SARH Publicación especial NO.48. México. Pp. 942-945.
- BENEDETTI, S., SAAVEDRA, J. 2005. Guía práctica para el establecimiento, manejo y cuidados de plantaciones de castaño. Instituto Forestal (INFOR); Gobierno de Chile. Chile. 8 p.
- BETANCOURT B., A. 1987. Cedrela odorata L. In: Betancourt B., A. Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. Editorial Científico-técnica. La Habana, Cuba. Pp. 92-109.
- CALZADA, J. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. 3 ed. Lima, Perú, Jurídica. 643 p.
- CONAFOR. 2005. Cedro rojo, madera valiosa de olor exquisito. Revista electrónica de la Comisión Nacional Forestal. Número 6.

2005. [En línea]: http://www.mexicoforestal.gob.mx/nuestros_arboles.documentos, 10 Ene. 2018).

CORNELIUS, J. 2004. Experiencias del ICRAF en la amazonía peruana. Centro Mundial de Agroforestería. ICRAF [En línea]: ICRAF, (<http://www.icraf/pdf/bosque/v48n1/art17.pdf>), documentos, 23 Ago. 2018).

CHUNG, D. 2013. Efecto de la fertilización con NPK en tres especies forestales, Región San Martín-Perú. Tesis. Ing. Recursos Naturales Renovables mención forestal. Tingo María, Perú. 104 p.

DE RODRÍGUEZ, D. 2000. Estudio técnico - económico para la especie cedro (*Cedrela odorata*). Ministerio de Agricultura y Ganadería Dirección General de Recursos Naturales Renovables, Servicio Forestal y de Fauna. Soyapango. Colombia. www.mag.gob.sv/html/Publicaciones_forestal/documents/Cedro-2.PDF

DOMÍNGUEZ, V.A. 1997. Tratado de Fertilización. 3 ed. Mundi – Prensa, Madrid, España. 613 p.

DISTANCIA, O; BENAVIDES, J; RUEDA, A; GALLEGOS, A. 2008. Evaluación del crecimiento de una plantación experimental de 1992 al 2005 de *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Enterobium cyclocarpum* y *Tabebuia rosea* en la costa de Jalisco. XIX. Semana Nacional de la investigación científica. Jalisco, México. 93-101.

- FAO. 1999. Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. FAO. Roma, Italia. 30 p.
- FAO. 2002. Evaluación de bosques forestales mundiales. Reporte principal – FAO; Forestal. Roma, Italia. 466 p.
- FLORES, Y. 1998. Síntesis de efectos ecológicos negativos de las plantaciones forestales. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA). 8 p.
- GONZALEZ, J., ITURRALDE A., PICARD, C. 1980. Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. FODINVES, Caracas Venezuela. 2 tomos.
- GUERRERO, A. 2000. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Mundi – Prensa México, S.A. de C.V., Bilbao, España. 206 p.
- IFA – EFMA. 1990. Code of best agricultural practices to optimize fertilizer use. International Fertilizer Industry Association/European Fertilizer Manufacturers Association. París, Francia. 4 p.
- IICA. 1987. Suelos y ecosistemas forestales, con énfasis en América tropical. Editorial Porvenir S.A. San José, Costa Rica.
- INIA. 2003. Experiencias de fertilización en la zona de Pucallpa, mejoramiento de cultivos asociados con especies forestales. 12 p.
- INFOR, 2001. Establecimiento de Plantaciones Forestales, *Pinus radiata*, *Pinus Ponderosa*, *Pseudotsuga menziesii*. INFOR, Documento de Divulgación No17. 33p.

- LA TORRE, E. 2009. Evaluación dasonométrica rápida, plantación forestal – cantos de trocha carrozable Tramo Ñagazu – Churumazu. 6 p.
- LAMB, A.F.A. 1973. *Pinus caribaea*. Vol. I. University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute, Oxford, England. Fast growing timber trees of the lowland tropics. 6 p.
- LAZCANO, I. 2015. Cal agrícola; conceptos básicos para la producción de cultivos. s.d.t. [En línea]: Slideshare, (<https://es.slideshare.net/VictorHugoGarciaAvila/calagricolaconceptosbasicosparalaproduccionde-cultivos>, documentos, 25 May. 2019).
- MONTERO, G., CISNEROS, O., CAÑELLAS, I. 2003. Manual de selvicultura para plantaciones de especies productoras de madera de calidad. INIA. Mundi – Prensa. Madrid, España. 284 p.
- MONREAL R., S. B. 2005. Grandes retos del modelo México de plantaciones comerciales. Revista Electrónica de la Comisión Nacional Forestal. Número 10. 2005. [En línea]: (<http://www.mexicoforestal.gob.mx/editorial>. documentos, 12 Ene. 2018).
- MORA, O. 1981. Efecto de la aplicación de dos fuentes de enmiendas (caliza y fosforita) sobre un Ultisol de la Región Machiques-Colón. In: Jomadas Agronómicas, 10a, San Cristóbal, Táchira, 42 p.
- NAVARRO, R.M., Martinez, A. 1997. Las marras producidas por ausencia de cuidados culturales. Cuad. Soc. Esp. Cie. For., 4:43-57.

- PENNINGTON, T. 2002. Árboles tropicales de México. Segunda edición. UNAM – Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 54 p.
- RODRÍGUEZ G., F. 1980. Situación de las investigaciones realizadas sobre *Hypsipyla grandella* (Zeller) en el sureste de México. In: Memoria, Primer Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Sociedad Mexicana de Entomología. Uruapan, Michoacán. Pp. 149-153.
- ROSAS S., G. C. 1989. Plantaciones forestales. In: Tomo II. Congreso Forestal Mexicano. INIFAP. México. Pp. 737-747.
- ROY, R.N. 1990. Integrated plant nutrition system: state of the art. Commission on Fertilizer, 11th sesión. Roma, Italia. 15 p.
- RUBILAR, R., FOX, T., ALLEN, L., ALBAUGH, T., CARLSON, C. 2008. Manejo intensivo al establecimiento de plantaciones forestales de *Pinus* sp. y *Eucalyptus* sp. En Chile y Argentina. Informaciones agronómicas del cono sur 40. Instituto internacional de nutrición de plantas (IPNI). Argentina. 6 p.
- SÁNCHEZ, J. 2007. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas. Fertilidad del suelo. FERTITEC S.A. 19 p.
- SÁNCHEZ M., V. y C. Velásquez E. 1998. Evaluación de dos insecticidas biológicos en el control de *Hypsipyla grandella* (Zeller), barrenador de los brotes de las Meliáceas. Revista Ciencia Forestal en México. 23(83):33-39.

- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2019. Pronostico del tiempo para Tingo María (Huánuco). [En línea]: <https://senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0025>
- SEMARNAT. 2003. Ley forestal de desarrollo forestal sustentable. CONAFOR-SEMARNAT. Guadalajara, Jalisco, México. 88 p.
- TRUJILLO, I. 2015. Influencia del guano de las islas y roca fosfórica en el crecimiento inicial de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex. en campo definitivo. Tesis. Ing. Recursos Naturales Renovables mención forestal. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. 99 p.
- TORRES P., J. A. 1996. Las plantaciones forestales comerciales y una política de incentivos. Revista Chapingo, serie Ciencia Forestales y del Ambiente. 2(1)
- TORRES, A., Franco, W. 1994. Efecto de la fertilización con roca fosforica y bórax en el crecimiento de plantaciones de *Pinus caribaea* var. hondurensis en el oriente de Venezuela. Rev. Interciencia, 19(6):374-379.
- VELA, F. 2005. Evaluación del crecimiento de *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona) y *Mauritia flexuosa* L. (aguaje) con guano de isla y humuz de lombriz. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 53 -55 pp.

- VILLEGAS, R., Chang, R. 1991. Uso de roca fosfórica y otros portadores de fósforo en los principales cultivos de Cuba. Rev. Facultad de Agronomía UCV 17(1-4). Memoria de la II Reunión de la Red Latinoamericana de Roca Fosfórica, San Cristóbal, Edo. Táchira, Venezuela. pp. 239 – 252.
- WADSWORTH, F. 2000. Producción forestal para América Tropical; Manual de agricultura. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA); Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE); Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO). Washington, DC., Estados Unidos. 563 p.
- YARA PERÚ. 2019. YaraMila integrador. Ficha técnica. Lima, Perú, Yara Perú. s.p. [En línea]: Yara.com, (<https://www.yara.com.pe/nutricion-vegetal/productos/yaramila/yaramila-integrador/>, documentos 22 Abr. 2019).

ANEXO

Anexo 1. Registro de variables en la investigación

Cuadro 10. Registro de altura total (m) en plantas de cedro bajo fertilización

(meses desde el establecimiento)

Bloque	Tratamiento	1	3	5	7	9	11
1	2	0.89	1.71	2.30	2.35	2.42	3.12
1	2	0.41	0.65	0.97	1.30	2.40	3.41
1	2	0.69	1.38	1.68	2.04	2.49	3.64
1	2	0.76	1.70	2.26	2.31	2.95	3.42
1	2	0.90	1.07	1.44	1.75	2.50	3.79
1	0	0.49	0.81	1.05	1.10	1.65	2.85
1	0	0.66	1.67	2.32	2.60	3.52	3.96
1	0	0.57	1.35	1.62	1.91	2.94	3.50
1	0	0.69	1.08	1.33	1.36	1.76	2.15
1	0	0.48	0.92	0.99	1.00	1.80	2.18
1	3	0.55	1.06	1.50	1.78	2.69	3.64
1	3	0.71	1.65	1.90	1.75	2.88	3.78
1	3	0.39	0.75	1.10	1.55	1.84	2.65
1	3	0.33	0.74	1.05	1.02	1.75	2.53
1	3	0.33	0.58	0.91	0.92	1.44	2.63
1	1	0.58	1.38	1.73	1.63	1.87	2.22
1	1	0.41	0.84	1.10	1.39	2.25	2.97
1	1	0.64	1.40	1.57	1.60	1.90	2.34
1	1	0.68	1.75	1.81	1.72	2.66	3.00
1	1	0.24	0.74	0.95	0.92	1.12	1.79
2	0	0.49	1.25	1.57	2.10	2.54	2.90
2	0	0.67	1.40	1.97	1.99	2.61	3.02
2	0	0.25	0.75	1.02	1.10	1.82	2.48
2	0	0.40	0.41	0.56	0.65	1.36	2.05
2	0	0.61	1.08	1.01	1.15	1.78	2.43
2	1	0.58	1.01	1.29	1.50	2.33	2.76
2	1	0.36	0.60	0.83	1.01	1.30	2.26
2	1	0.62	1.78	2.31	2.38	2.50	3.10

2	1	0.71	1.45	1.71	1.82	2.70	3.07
2	1	0.28	0.66	1.05	1.08	1.62	2.61
2	2	0.62	1.10	1.33	1.42	2.44	3.51
2	2	0.51	0.94	1.04	1.26	1.90	2.92
2	2	0.58	0.96	1.07	1.10	2.02	2.88
2	2	0.69	1.40	1.59	1.60	2.19	3.16
2	2	0.60	0.78	1.07	1.56	2.58	2.98
2	3	0.21	0.41	0.53	0.60	1.11	2.00
2	3	0.54	1.23	1.47	1.40	1.88	2.42
2	3	0.62	1.13	1.24	1.30	1.68	2.74
2	3	0.36	0.99	2.08	2.10	3.20	3.56
2	3	0.54	1.06	1.46	1.64	2.50	3.21
3	1	0.68	1.41	1.77	1.82	2.19	2.65
3	1	0.48	0.76	1.08	1.26	2.13	2.59
3	1	0.51	0.62	0.82	1.09	2.20	2.89
3	1	0.56	0.85	1.10	1.20	1.82	2.36
3	1	0.59	0.82	1.12	1.42	2.40	3.00
3	3	0.22	0.35	1.44	0.87	1.44	2.08
3	3	0.28	0.71	1.10	1.40	2.15	2.81
3	3	0.66	1.21	1.56	1.68	2.56	3.39
3	3	0.34	0.42	0.97	1.13	2.00	2.72
3	3	0.77	1.81	2.62	3.24	4.02	4.50
3	2	0.51	1.01	0.99	1.39	1.77	2.71
3	2	0.50	1.11	1.82	2.18	2.96	3.22
3	2	0.62	1.31	1.60	2.33	3.10	3.73
3	2	0.64	0.99	1.02	2.73	3.08	3.44
3	2	0.35	0.55	1.05	1.88	2.48	3.00
3	0	0.64	0.83	0.86	1.00	1.44	2.06
3	0	0.25	0.49	0.50	0.53	0.79	1.25
3	0	0.79	1.26	1.47	1.50	2.50	2.73
3	0	0.33	0.70	0.73	0.75	1.02	1.51
3	0	0.48	0.59	0.69	0.93	1.55	2.00

1, 3, 5, 7, 9 y 11 son los meses de evaluación.

Cuadro 11. Datos promedios de la altura total (m) de plantas de Cedro, bajo fertilización.

Tratamiento	Bloque	1	3	5	7	9	11
T ₀	1	0.58	1.17	1.46	1.59	2.33	2.93
T ₁	1	0.51	1.22	1.43	1.45	1.96	2.46
T ₂	1	0.73	1.30	1.73	1.95	2.55	3.48
T ₃	1	0.46	0.96	1.29	1.40	2.12	3.05
T ₀	2	0.48	0.98	1.23	1.40	2.02	2.58
T ₁	2	0.51	1.10	1.44	1.56	2.09	2.76
T ₂	2	0.60	1.04	1.22	1.39	2.23	3.09
T ₃	2	0.45	0.96	1.36	1.41	2.07	2.79
T ₀	3	0.50	0.77	0.85	0.94	1.46	1.91
T ₁	3	0.56	0.89	1.18	1.36	2.15	2.70
T ₂	3	0.52	0.99	1.30	2.10	2.68	3.22
T ₃	3	0.45	0.90	1.54	1.66	2.43	3.10

1, 3, 5, 7, 9 y 11 son los meses de evaluación.

Cuadro 12. Registro de diámetro (cm) de plantas de cedro bajo fertilización (meses desde el establecimiento)

Bloque	Tratamientos	1	3	5	7	9	11
1	2	1.58	3.26	6.13	6.75	7.02	7.91
1	2	0.82	1.15	2.18	3.76	5.81	6.94
1	2	1.06	2.96	4.66	6.45	8.34	9.97
1	2	1.74	3.30	5.19	6.70	7.39	8.10
1	2	1.56	2.09	3.44	5.58	7.09	8.72
1	0	1.00	1.92	2.47	2.91	3.64	5.55
1	0	2.00	3.68	5.06	6.41	7.64	7.90
1	0	1.98	2.56	3.51	4.86	6.22	6.94
1	0	2.03	2.95	3.45	3.74	4.84	5.53
1	0	1.62	2.27	3.13	3.43	3.99	4.11
1	3	1.43	2.38	3.65	4.78	6.20	7.81

1	3	2.10	3.58	6.35	6.14	7.01	8.31
1	3	1.10	1.65	2.82	3.81	4.84	5.91
1	3	1.01	1.74	2.56	3.68	4.45	5.85
1	3	0.99	1.46	2.16	2.72	3.65	4.42
1	1	1.81	2.59	3.79	5.43	6.48	7.50
1	1	1.31	1.80	2.92	4.57	6.03	6.93
1	1	2.02	2.60	3.89	4.52	5.16	5.87
1	1	2.51	3.66	4.99	6.02	6.50	6.91
1	1	1.00	1.64	1.92	2.00	2.29	3.22
2	0	2.00	3.50	4.44	5.37	5.98	6.22
2	0	2.02	3.16	3.98	5.15	5.39	6.02
2	0	1.19	1.97	2.34	3.12	3.77	4.56
2	0	0.45	0.47	0.84	1.25	2.41	3.57
2	0	1.12	1.34	2.25	2.50	3.52	4.17
2	1	1.20	1.83	2.49	3.89	6.21	7.02
2	1	1.08	1.86	2.79	3.70	4.24	5.19
2	1	2.08	2.93	4.38	4.77	6.10	6.99
2	1	1.87	2.36	3.00	3.68	4.66	5.92
2	1	1.43	1.93	3.10	3.89	4.98	5.61
2	2	1.69	2.31	3.34	4.84	5.64	7.29
2	2	1.21	1.76	2.75	3.68	5.08	6.81
2	2	1.94	2.86	3.42	3.44	3.91	5.91
2	2	1.91	2.58	3.82	4.57	6.05	6.73
2	2	1.22	1.51	2.23	3.96	5.11	5.93
2	3	0.67	0.87	0.87	1.22	2.32	3.31
2	3	1.66	2.53	3.72	5.05	5.97	6.57
2	3	1.99	2.62	3.46	3.93	4.71	5.43
2	3	1.41	2.17	2.90	4.18	5.21	6.98
2	3	2.00	2.59	3.81	4.98	6.95	8.11
3	1	1.40	1.96	3.71	4.66	5.22	6.11
3	1	1.44	1.96	2.61	3.69	4.46	5.44
3	1	0.90	1.33	1.73	2.65	4.12	5.88
3	1	1.11	1.69	2.11	2.97	4.03	5.33

3	1	1.12	1.61	2.35	3.49	4.80	5.55
3	3	0.93	1.20	1.59	2.51	3.88	4.97
3	3	0.97	1.25	2.43	3.97	5.38	6.78
3	3	1.10	1.87	3.18	5.02	6.51	7.59
3	3	1.00	1.33	3.14	3.03	4.31	5.08
3	3	2.56	3.63	4.56	5.80	7.00	7.90
3	2	1.31	1.91	2.55	3.05	4.59	5.81
3	2	2.05	2.91	3.54	4.90	6.29	7.11
3	2	2.18	2.87	3.95	4.94	6.19	6.99
3	2	1.90	2.34	2.88	4.26	6.36	6.82
3	2	1.21	1.40	2.12	3.93	4.61	5.38
3	0	1.43	1.61	1.88	1.74	3.03	3.94
3	0	0.74	0.92	0.93	0.91	1.28	2.12
3	0	2.35	2.64	3.03	3.21	3.55	3.96
3	0	1.06	1.31	1.66	1.83	2.57	2.95
3	0	1.51	2.27	2.55	2.74	4.25	4.82

1, 3, 5, 7, 9 y 11 son los meses de evaluación.

Cuadro 13. Datos promedios del diámetro del fuste (cm) de plantas de Cedro, bajo fertilización.

Tratamiento	Bloque	1	3	5	7	9	11
T ₀	1	1.73	2.68	3.52	4.27	5.27	6.00
T ₁	1	1.73	2.46	3.50	4.51	5.29	6.09
T ₂	1	1.35	2.55	4.32	5.85	7.13	8.33
T ₃	1	1.33	2.16	3.51	4.23	5.23	6.46
T ₀	2	1.36	2.09	2.77	3.48	4.21	4.91
T ₁	2	1.53	2.18	3.15	3.99	5.24	6.15
T ₂	2	1.59	2.20	3.11	4.10	5.16	6.53
T ₃	2	1.55	2.16	2.95	3.87	5.03	6.08
T ₀	3	1.42	1.75	2.01	2.09	2.93	3.56
T ₁	3	1.20	1.71	2.50	3.49	4.52	5.66
T ₂	3	1.73	2.29	3.01	4.22	5.61	6.42
T ₃	3	1.31	1.85	2.98	4.07	5.42	6.46

1, 3, 5, 7, 9 y 11 son los meses de evaluación.

Anexo 2. Fotos de la investigación



Figura 6. Limpieza del área experimental



Figura 7. Preparación de las dosis de fertilizante



Figura 8. Aplicación de fertilizantes



Figura 9. Evaluación de la altura



Figura 10. Evaluación del diámetro