

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON NPK EN UNA
PLANTACIÓN DE CAPIRONA (*Calycophyllum spruceanum*
(Benth) Hook f. ex Schumann) EN TINGO MARÍA, PERÚ”**

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MENCION FORESTALES

Presentado por:

ALAN FRANZ GARCÍA RAMÍREZ

2014



**T
FOR**

García Ramírez, Alan Franz

“Efecto de la fertilización con NPK en una plantación de Capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann) en Tingo María, Perú”

52 páginas; 30 cuadros; 19 figuras.; 39 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. en Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables

- | | | |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------|
| 1. FERTILIZACIÓN | 2. NITRÓGENO | 3. FÓSFORO |
| 4. POTASIO | 5. CALYCOPHYLLUM SPRUCEANUM | |



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 10 de octubre de 2014, a horas 11:00 a.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la Tesis titulada:

“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON NPK EN UNA PLANTACIÓN DE CAPIRONA (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann) EN TINGO MARÍA, PERÚ”

Presentado por el Bachiller: **ALAN FRANZ GARCÍA RAMÍREZ**, 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 EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación, del Título correspondiente.

Tingo María, 16 de abril de 2015.

Ing. M.Sc. **JOSE D. LÉVANO CRISÓSTOMO**
PRESIDENTE

Ing. M.Sc. **LUIS A. VALDIVIA ESPINOZA**
VOCAL

Ing. **EDILBERTO DÍAZ QUINTANA**
VOCAL



Ing. **RAÚL ARAUJO TORRES**
ASESOR

DEDICATORIA

*A Dios; quien supo guiarme por el
buen camino, por haberme permitido
llegar hasta este punto, por darme
salud para lograr mis objetivos, y
por brindarme su infinita bondad y
amor.*

*A mis padres Saúl García Higinio y
Yolanda Ramírez Saravia; por el amor,
comprensión y enseñanzas brindado
durante todo este tiempo para ser cada
día mejor.*

*A mis hermanos Soledad, Walter,
Marina y Jaqueline; por su apoyo
incondicional, que fue la fuerza que
me permitió seguir adelante.*

*A la memoria de un gran amigo,
Napoleón Alvarado Nava; por su
amistad, apoyo, fuerzas y ánimo
constante, agradecido eternamente.*

AGRADECIMIENTO

Durante mi formación profesional, personal y desarrollo de la presente investigación, diversas personas colaboraron directa e indirectamente, a quienes expreso mi más profundo reconocimiento:

- Al Ing. Raúl Araujo Torres, quien me brindó su invaluable asesoramiento en la presente investigación. Gracias por su paciencia, empeño y confianza.
- A mi familia, por la confianza depositada, sin ellos no hubiera hecho posible este logro en mi vida, sin duda alguna son lo más importante para mí.
- A mis sobrinos, Kevin, Angie, Christian, Sharon, y Annie; por ser mi motivación, inspiración y felicidad.
- A mis amigos: Giancarlo Silva y su esposa Analy Aguirre, Juan Torres, Juan Muñoz, Arquímedes Alvarado, Wily Saldaña, Enrique Saldaña, César Delgado y su esposa Myrella Bardales, Oscar del Águila y Cecilia del Campo; por su amistad y apoyo durante todos estos años.
- A todas las personas que de una u otra manera estuvieron involucradas y me dieron su apoyo desinteresadamente.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Abonamiento de plantas	4
2.2. Abono y fertilizante.....	7
2.3. El potasio (K)	8
2.3.1. El potasio en las plantas.....	8
2.3.2. Interacción del K y otros nutrientes	9
2.4. Fósforo (P).....	9
2.5. El nitrógeno (N).....	11
2.5.1. Uso eficiente del nitrógeno de los fertilizantes convencionales.....	11
2.5.2. Nitrógeno en el crecimiento vegetal	14
2.5.3. Formas químicas en que el N es absorbido por las plantas.....	15
2.6. Formas de aplicación de los fertilizantes	16
2.7. Relación entre el pH y la nutrición mineral.....	17

2.8.	Características de la capirona (<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann).....	18
2.8.1.	Taxonomía de la especie	18
2.8.2.	Descripción botánica	19
2.8.3.	Distribución geográfica	19
2.8.4.	Importancia.....	20
2.8.5.	Usos	20
2.8.6.	Tipos de suelo	21
2.8.7.	Características específicas del sitio.....	21
2.8.8.	Características silviculturales	22
2.9.	Investigaciones en fertilización	22
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1.	Lugar de ejecución.....	24
3.1.1.	Ubicación política y geográfica	24
3.1.2.	Clima	24
3.1.3.	Suelos	25
3.2.	Materiales y equipos	25
3.2.1.	Material biológico y fertilizante	25

3.2.2. Materiales de establecimiento y manejo	26
3.2.3. Equipos	26
3.3. Metodología	26
3.3.1. Ubicación de la parcela	26
3.3.2. Establecimiento de la plantación	27
3.3.3. Aplicación de los tratamientos	28
3.3.4. Mantenimiento de la parcela de investigación	29
3.4. Tratamientos en estudio.....	29
3.5. Diseño experimental y análisis estadístico.....	30
3.5.1. Modelo aditivo lineal	31
3.6. Variables evaluadas.....	32
3.6.1. Variables independientes	32
3.6.2. Variables dependientes	32
3.7. Fase de gabinete	33
IV. RESULTADOS	35
4.1. Efecto del NPK sobre el crecimiento de las plantas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann	35
4.1.1. Altura total (m).....	35

4.1.2. Diámetro del tallo (cm)	37
4.1.3. Diámetro de copa (m)	39
4.2. Mortalidad de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann bajo diferentes dosis de NPK.....	41
4.3. Correlación entre las dosis de fertilización con las variables dependientes evaluadas	42
V. DISCUSIÓN.....	44
5.1. Efecto del NPK sobre el crecimiento de las plantas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann	44
5.2. Mortalidad de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann bajo diferentes dosis de NPK.....	45
5.3. Correlación entre las dosis de fertilización con las variables dependientes evaluadas	46
VI. CONCLUSIONES	48
VII. RECOMENDACIONES	49
VIII. ABSTRACT	50
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXO	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Cantidad del fertilizante Molimax 20-20-20 utilizada en las plantas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann.	30
2. ANVA para la altura total de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann.	35
3. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para la altura total de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann.	36
4. ANVA para el diámetro del tallo de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann.	38
5. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el diámetro del tallo de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann.	38
6. ANVA para el diámetro de copa de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann.	40
7. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el diámetro de copa de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann.	40
8. Correlación entre las variables (dependiente e independiente) de la investigación.	43
9. Datos promedios de la altura total (m) de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann, bajo fertilización.	59
10. Datos promedios del diámetro del tallo (cm) a 10 cm del suelo de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann, bajo fertilización.	60

11.	Datos promedios del diámetro de copa (m) de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann, bajo fertilización.	61
12.	Datos promedios de la mortalidad (%) de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann, bajo fertilización.	62
13.	Análisis de varianza de la variable altura a 4 meses de la evaluación.	63
14.	Prueba Duncan de la variable altura a 4 meses de la evaluación.	63
15.	Análisis de varianza de la variable altura a 8 meses de la evaluación.	63
16.	Prueba Duncan de la variable altura a 8 meses de la evaluación.	63
17.	Análisis de varianza de la variable altura a 12 meses de la evaluación.	64
18.	Prueba Duncan de la variable altura a 12 meses de la evaluación.	64
19.	Análisis de varianza de la variable diámetro a 4 meses de la evaluación.	64
20.	Prueba Duncan de la variable diámetro a 4 meses de la evaluación.	64
21.	Análisis de varianza de la variable diámetro a 8 meses de la evaluación.	65
22.	Prueba Duncan de la variable diámetro a 8 meses de la evaluación.	65

23. Análisis de varianza de la variable diámetro a 12 meses de la evaluación.	65
24. Prueba Duncan de la variable diámetro a 12 meses de la evaluación.	65
25. Análisis de varianza de la variable diámetro de copa a 4 meses de la evaluación.....	66
26. Prueba Duncan de la variable diámetro a 4 meses de la evaluación.	66
27. Análisis de varianza de la variable diámetro de copa a 8 meses de la evaluación.....	66
28. Prueba Duncan de la variable diámetro a 8 meses de la evaluación.	66
29. Análisis de varianza de la variable diámetro de copa a 12 meses de la evaluación.	67
30. Prueba Duncan de la variable diámetro a 12 meses de la evaluación.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Los abonos orgánicos pueden considerarse también como fertilizantes orgánicos (SALAZAR <i>et al.</i> , 2010).	7
2. Respuesta del trigo en rendimiento en función del uso eficiente de N (BOARETTO <i>et al.</i> , 2007).....	12
3. Curva teórica de la acumulación del N en la planta a través de su ciclo de crecimiento (PERDOMO <i>et al.</i> , 2000).	14
4. Distribución de los tratamientos en campo definitivo.....	31
5. Altura total de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann.	37
6. Diámetro del tallo de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann.	39
7. Diámetro de copa de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann.	41
8. Mortalidad de plantas de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann.	42
9. Reconocimiento y limpieza del área de plantación.....	68
10. Letrerización del área de plantación.....	68
11. Establecimiento de la plantación <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schum.	69
12. Mantenimiento de la plantación.....	69

13. Medición de la altura total de plantas, a 4 meses de establecidas.	70
14. Medición del diámetro del tallo de plantas, a 4 meses de establecidas.	70
15. Medición de la altura total de plantas, a 8 meses de establecidas.	71
16. Medición del diámetro del tallo de plantas, a 8 meses de establecidas.	71
17. Planta de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schum., a 12 meses.	72
18. Planta de <i>C. spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schum., a 12 meses.	72
19. Plano de ubicación de la parcela.....	73

RESUMEN

Los suelos de la selva peruana por lo general son de baja fertilidad por el lavado de nutrientes a causa de las altas precipitaciones, a lo que se suma la influencia de las actividades antrópicas. En tal sentido, la investigación tuvo como objetivos: determinar el efecto de diferentes dosis del fertilizante Molimax 20-20-20 (NPK) sobre el crecimiento de la altura total, diámetro del tallo, diámetro de copa y porcentaje de mortalidad de plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann establecidas en campo definitivo; y determinar la correlación de las dosis de fertilización con las variables dependientes. El estudio se realizó en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALD), políticamente ubicado en el distrito José Crespo y Castillo, provincia Leoncio Prado, región Huánuco. El diseño empleado fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 3 bloques y 5 tratamientos, con un total de 300 unidades experimentales; las variables evaluadas fueron sometidas a la prueba de Duncan con un nivel de confianza del 95 por ciento. Los tratamientos fueron: T₀, T₁ (35 g de NPK), T₂ (70 g de NPK), T₃ (105 g NPK) y T₄ (140 g NPK). El fertilizante se aplicó a 30, 120 y 240 días de la plantación, respectivamente. Los resultados muestran que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre bloques ni entre tratamientos; sin embargo, numéricamente al utilizar 140 g del fertilizante (T₄) se obtuvo mayor efecto sobre las variables altura total (2.74 m), diámetro del tallo (5.50 cm) y diámetro de copa (1.55 m); la mortalidad de plantas fue mayor con el tratamiento testigo (T₀) con 1.7%, y menor cuando se usó el fertilizante (1%); finalmente, las dosis del fertilizante aplicadas a las plantas no presentaron relación significativa con las variables de crecimiento de las plantas, solo se observa relación significativa entre las variables evaluadas, a excepción de la mortalidad.

I. INTRODUCCIÓN

Los suelos de la selva peruana por lo general son superficiales, con menos de 60 cm de profundidad o con rocas debido a las pendientes pronunciadas; asimismo, son de baja fertilidad por el lavado de nutrientes a causa de las altas precipitaciones. A ello se suma que gran parte de las actividades antrópicas están concentradas en la Selva Alta, siendo su principal amenaza la deforestación (KALLIOLA *et al.*, 1993). Como estrategia importante para contrarrestar esta concepción extractivista, se está realizando diversas actividades de repoblación forestal de manera particular o en algunos casos como parte de los programas y proyectos de reforestación; sin embargo, se tiene limitantes en las actividades de manejo, falencias que se observa en una gama de actividades como la fertilización (MUSGRAVE, 2005), dado que los proyectos de reforestación incluyen sobre todo, asesoramiento para el establecimiento de la plantación.

FLORES *et al.* (1996) indica que todas las plantas necesitan alimentarse para crecer y desarrollarse; no sólo se deben abonar con estiércol, sino también con fertilizantes que no contengan antibióticos dado que resultan altamente dañinos para la vida del suelo, considerando que los antibióticos matan los organismos.

RUBILAR *et al.* (2008) añade que el uso de fertilizantes al momento del establecimiento de plantaciones manejadas intensivamente y la

aplicación de un adecuado control de malezas, es una herramienta clave para el aumento de la productividad forestal de especies de rápido crecimiento.

Por otra parte, el manejo racional de la fertilización nitrogenada del cultivo en un marco de buenas prácticas agrícolas implica el desarrollo de metodologías de diagnóstico que optimicen los niveles de nitrógeno en el canopeo y mantengan la capacidad fotosintética del cultivo para asegurar la máxima producción (SINCLAIR y HORIE, 1989), evitando asimismo, excesivas aplicaciones de fertilizante nitrogenado potencialmente perjudiciales para el ambiente (ROBERTSON y VITOUSEK, 2009).

La especie forestal capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann), generalmente se encuentra en suelos amazónicos, la misma que durante su crecimiento inicial presenta limitado crecimiento debido a los contenidos nutricionales de los suelos que afectan directamente el crecimiento y desarrollo de esta especie. Bajo este contexto, la presente investigación busca determinar una dosis recomendable de NPK para la fertilización de plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann durante el primer año de instalación en campo definitivo, con el fin generar un antecedente técnico sobre la fertilización de esta especie a fin de aplicarla en futuras plantaciones, coadyuvando a fortalecer la producción de madera de buena calidad.

Por consiguiente, se plantea la hipótesis: "la aplicación de diferentes dosis de NPK influye en el crecimiento de la altura total, diámetro del fuste y diámetro de copa, así como en el porcentaje de mortalidad de plantas

de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann, establecidas en campo definitivo". En tal sentido, se proponen los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto del NPK sobre el crecimiento de la altura total, diámetro del tallo y diámetro de copa de plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann.
- Determinar el porcentaje de mortalidad de plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann establecidas en campo definitivo bajo diferentes dosis de NPK.
- Determinar la correlación de las dosis de fertilización con las variables dependientes evaluadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Abonamiento de plantas

FLORES *et al.* (1996) afirma que los árboles forestales son poco dependientes de la fertilización, si bien esta puede ser muy útil durante los primeros años por cuanto ayuda a acelerar el crecimiento. Si el suelo tiene profundidad y humedad suficiente con arreglo a las exigencias de cada especie, el crecimiento suele ser satisfactorio sin fertilización, ya que los árboles están adaptados a vivir en suelos de baja fertilidad.

También añade que los mayores problemas suelen presentarse cuando en el suelo de la plantación existen desequilibrios nutritivos debido a niveles muy bajos de macronutrientes como fósforo, potasio, magnesio, nitrógeno o calcio. Estos desequilibrios dan lugar a carencias nutritivas de las plantas que suelen manifestarse a través de diversas y características coloraciones de las hojas y que, en general, afectan a su crecimiento.

Efectos parecidos puede producirse por exceso 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.

Por su parte, para MONTERO *et al.* (2003) 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. De lo anterior se desprende que antes de hacer la plantación es muy aconsejable 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. Esto último suele ser lo más aconsejable.

El mismo autor añade que cuando el suelo tiene una fertilidad media, suficiente para el normal crecimiento de las plantas, pero por algún motivo se desea acelerar más este crecimiento, objetivo habitual en especies de madera muy valiosa y turno relativamente corto, puede ser interesante que se realicen fertilizaciones en la plantación. El tipo de fertilizante empleado dependerá de los efectos que se quiera conseguir, de las exigencias de las especies y de las características del suelo. Del mismo modo el coste de la fertilización depende de las variables anteriores. Debe tenerse en cuenta el escaso margen económico que suele tener la empresa forestal y que el turno de los árboles, aún en los más cortos, suele ser muy superior al de las cosechas agrícolas, por lo cual la filosofía del programa de fertilización que deba aplicarse a lo largo de la vida de la plantación forestal debe ser muy diferente.

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 (BENEDETTI y SAAVEDRA, s.d.).

En arboricultivos forestales a menudo se acostumbra aplicar una fertilización inicial, generalmente de 20 a 50 g de abono completo en cada hoyo. Al fertilizar toda la superficie, el requerimiento es del orden de los 400 a 550 kg/ha. Una fertilización adecuada y con perspectivas de éxito, sólo puede lograrse en caso de que se conozca el contenido de bioelementos edáficos y los requerimientos nutricionales de las especies arbóreas, presuponiendo que otros factores, como la profundidad de los suelos o las condiciones climáticas no son limitantes. En general el suministro de fertilizantes apropiados para los suelos tropicales pobres en nitrógeno tiene efectos positivos (LAMPRECHT, 1990).

En tierras muy empobrecidas los abonados pueden dar menor resultado que en aquellas en que el complejo se encuentra con un número elevado de cationes fijados. De aquí que en estas tierras se aconseje dar, en principio, abonados más fuertes, para que, una vez alcanzado el nivel deseado, se puedan dar otros de mantenimiento menos cuantiosos (GUERRERO, 2000).

La utilización de fertilizante tiene por objeto proporcionar a las plantas los nutrientes necesarios para un rápido crecimiento inicial, entregándole a cada una de las plantas los elementos nutritivos. Dentro de los beneficios que aporta la fertilización se pueden mencionar; la estimulación del desarrollo radicular, una rápida ocupación del suelo por la planta y una alta sobrevivencia (HOLMBERG, 1992).

2.2. Abono y fertilizante

Un abono en general se considera aquel material que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través de mejorar las propiedades físicas del suelo. Por otro lado, un material se considera como fertilizante cuando estimula el crecimiento de manera directa a través de aportar nutrimentos indispensables para las plantas. En el contexto anterior, los abonos provenientes de residuos orgánicos, como los estiércoles de diferentes especies de animales, los biosólidos, los residuos de cosecha y las compostas pueden considerarse como abonos y también como fertilizantes orgánicos (CHANEY *et al.*, 1992).

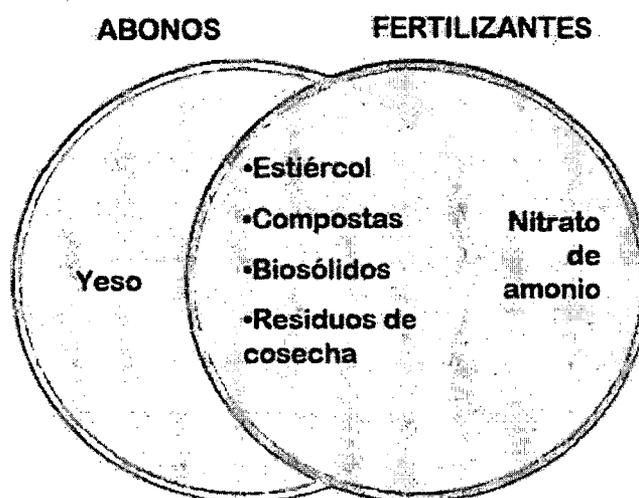


Figura 1. Los abonos orgánicos pueden considerarse también como fertilizantes orgánicos (SALAZAR *et al.*, 2010).

Un ejemplo de abono inorgánico es el yeso agrícola, material que se utiliza para mejorar la permeabilidad de suelos sódicos (Figura 1).

2.3. El potasio (K)

2.3.1. El potasio en las plantas

El K no forma parte de ningún compuesto orgánico, ni toma parte en ninguna función estructural en la planta. Este nutriente actúa en la activación de aproximadamente 50 enzimas, como las sintetasas, oxireductasas, deshidrogenasas, transferasas, quinasas y aldolasas. El K está involucrado en la síntesis de proteínas y por esta razón, las plantas que presentan bajo contenido de K tienen bajo contenido proteico y acumulan compuestos de bajo peso molecular como aminoácidos, amidas, aminas y nitratos.

El K actúa en el control osmótico de las células. Plantas deficientes en K presentan menor turgencia, pequeña expansión celular, mayor potencial osmótico e irregular apertura y cierre de las estomas. Otro efecto atribuido al K es que las plantas bien nutridas son más resistentes a la sequía y a las heladas, función asociada a su mayor retención de agua (ARRUDA y MALAVOLTA, 2001).

El K está involucrado, además, en los mecanismos de defensa de la planta a las plagas y enfermedades. La incidencia y la severidad de los daños causados por insectos y hongos se reducen notablemente en plantas bien nutridas con K. Esto se debe a que altas concentraciones de K en los tejidos favorecen la síntesis y acumulación de compuestos fenólicos, los cuales actúan como inhibidores de insectos y hongos (Nothdurft, 1985; citado por ARRUDA y MALAVOLTA, 2001).

2.3.2. Interacción del K y otros nutrientes

Los efectos entre K, Ca y Mg ocurren en forma de inhibición competitiva, normalmente a nivel de membrana celular. Este proceso ocurre cuando 2 elementos se combinan por el mismo sitio activo del cargador. Un ejemplo clásico se presenta cuando dosis altas de K inhiben la absorción de Ca y Mg, llegando muchas veces a presentarse deficiencias de estos dos nutrientes con la consecuente reducción de la producción (ARRUDA y MALAVOLTA, 2001).

Los mismos investigadores indican además, que los cationes como el K puede atravesar la membrana plasmática con mayor velocidad, deprimiendo la absorción de cationes más lentos como el Ca y Mg. La absorción preferencial del ion K^+ se debe a su naturaleza química monovalente y de menor grado de hidratación en comparación con los cationes divalentes.

Sostienen asimismo, que un estudio del efecto de la aplicación de fertilizantes sobre los contenidos foliares de nutrientes en *E. grandis* demostró que la aplicación de K reduce los contenidos de Ca, Zn y Fe y no afecta los de Mg, mientras que la fertilización fosfatada y la aplicación de cal reducen los contenidos de K en las hojas.

2.4. Fósforo (P)

El fósforo se encuentra en los suelos tanto en formas orgánicas, ligadas a la materia orgánica, como inorgánicas que es la forma como la absorben los cultivos. La solubilidad de estas formas, y por lo tanto su

disponibilidad para las plantas está condicionada por reacciones fisicoquímicas y biológicas, las que a su vez afectan la productividad de los suelos. Las transformaciones del fósforo (P) entre formas orgánicas e inorgánicas están estrechamente relacionadas, dado que el fósforo inorgánico es una fuente para los microorganismos y las plantas, y el fósforo orgánico al mineralizarse repone el fósforo de la solución (BOSCHETTI y QUINTERO, 2012).

Asimismo, sostienen que las plantas absorben el fósforo casi exclusivamente en la forma inorgánica, que está en la solución del suelo. De esta manera, el P inorgánico disuelto satisface la demanda de los cultivos por unas pocas horas durante el período de crecimiento, aún en suelos con un buen abastecimiento de este nutriente. Por lo tanto, el fósforo deprimido en la solución debe ser repuesto constantemente a partir de formas fácilmente extraíbles, tanto orgánicas como inorgánicas, donde la desorción - disolución y mineralización – inmovilización son procesos críticos en el abastecimiento de fósforo.

Por su parte, TECNI – FENALCE (2001) indica que el P juega un papel vital virtualmente en todos los procesos que requieren transferencia de energía en la planta. Los fosfatos de alta energía, que son parte de la estructura química de la adenosina difosfato (ADF) y de la ATF, son la fuente de energía que empuja una multitud de reacciones químicas dentro de la planta. La transferencia de los fosfatos de alta energía del ADF y ATF a otras moléculas (proceso denominado fosforilación), desencadena una gran cantidad de procesos esenciales para la planta.

2.5. El nitrógeno (N)

La cantidad de N disponible para la planta depende directamente del manejo del agua en distintos sistemas de riego (CANTLIFFE *et al.*, 1998). Cuando ésta es insuficiente la absorción del nitrógeno y los rendimientos disminuyen marcadamente y si es excesiva provoca lavado y pérdida de nitrógeno (KARAM *et al.*, 2002).

2.5.1. Uso eficiente del nitrógeno de los fertilizantes convencionales

La eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado se puede definir como la relación entre los kilogramos de N absorbido proveniente del fertilizante y los kg de N de fertilizante agregado. Como la absorción de N depende del crecimiento del cultivo, la cantidad de N absorbido proveniente del fertilizante generalmente se determina en madurez fisiológica, el momento de máxima absorción. Los valores de eficiencia obtenidos dependen del cultivo y del momento de aplicación del fertilizante, pero estos generalmente oscilan entre el 50 y el 70%. Una parte del N no absorbido permanece en el suelo en forma orgánica, y en menor cantidad en forma mineral. El resto del N se pierde del sistema suelo-planta por los procesos previamente descritos (PERDOMO *et al.*, 2000).

Los fertilizantes nitrogenados de uso convencional en la agricultura son la urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio, MAP y DAP, destacándose la urea cuyo consumo supera a todos los demás juntos.

En el mundo, el arroz, trigo y maíz consumen al momento aproximadamente el 60% del N total empleado como fertilizante y representan cerca de un tercio de la proteína total consumida. Se estima que en el año

2050 la población mundial alcanzará los 9.3 billones de habitantes y que será necesario aumentar entre 50 y 70% la producción de estos cereales. De no existir un incremento en la eficiencia de la fertilización debería entonces haber un incremento de igual magnitud en el uso de fertilizantes nitrogenados. De allí la necesidad de aumentar la eficiencia del uso de nitrógeno (N).

La eficiencia de uso del N, medida como la ganancia en producción de grano por unidad de nutriente aplicado, debe buscarse en los cultivos de alta productividad a través del uso de las buenas prácticas de manejo (BPM).

El concepto de eficiencia del N puede variar de acuerdo a la perspectiva de producción, pero no debe priorizarse la alta eficiencia en detrimento de la productividad. Se conoce la ley de los rendimientos decrecientes que indica que al incrementar las dosis de N los incrementos en producción se van reduciendo, y por la eficiencia se va haciendo menor (Figura 2).

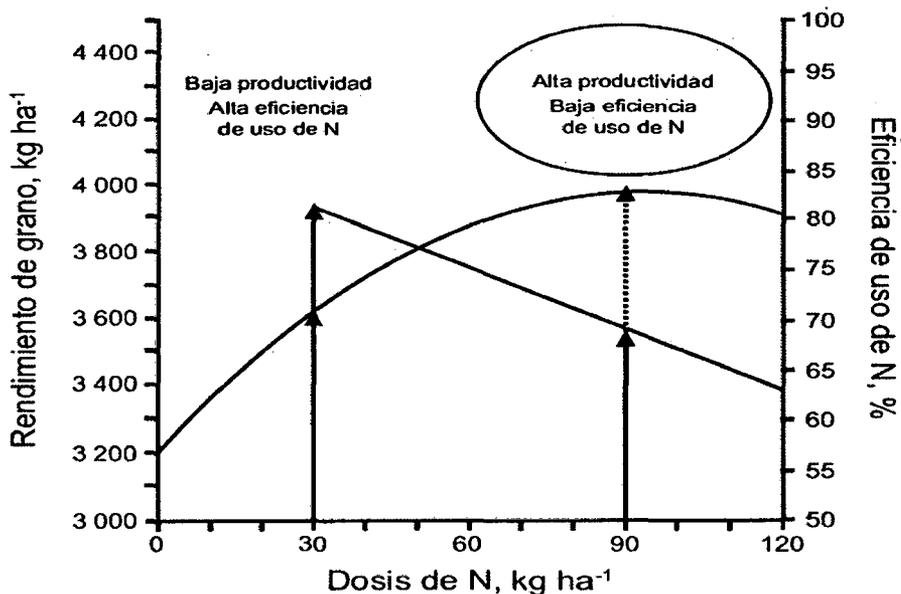


Figura 2. Respuesta del trigo en rendimiento en función del uso eficiente de N (BOARETTO *et al.*, 2007).

En el estudio del aprovechamiento de N por las plantas se puede usar tres métodos: directo o isotópico, indirecto o diferencia y regresión lineal. El primer método es bastante útil para estudiar el destino del N del fertilizante en el sistema suelo - planta. Muchos datos de investigación han demostrado que existe una gran variación entre los valores de recuperación del N aplicado como fertilizante en diferentes cultivos. Esto se debe a la variabilidad de manejo y a las condiciones como dosis, época de aplicación y clima donde fueron obtenidos. Además, son valores que en gran parte provienen de parcelas experimentales que solamente reportan el contenido de N de la parte aérea de las plantas y generalmente en apenas un solo ciclo de cultivo. Una parte del N que no se contabiliza es la que queda en las raíces en el suelo y que eventualmente puede enriquecer el sistema con N para ser aprovechado por los cultivos subsecuentes.

Existe un desfase entre la liberación del N aplicado y la absorción del elemento por el cultivo. Normalmente, la disponibilidad del N aplicado al suelo disminuye con el transcurso del tiempo, pero se incrementa la necesidad del cultivo. Por esta razón, la fertilización aplicada en el momento correcto maximiza el efecto del N y minimiza una posible contaminación del ambiente.

El balance adecuado de nutrientes es de fundamental importancia para obtener la mayor eficiencia de uso de N. Los nutrientes raramente actúan aisladamente y casi siempre interactúan influenciándose mutuamente.

Se debe recordar también que el N entra en contacto con las raíces de las plantas por flujo de masa, lo que indica que el agua es fundamental para que el nutriente sea adecuadamente absorbido y exista eficiente respuesta a la aplicación de N (BOARETTO *et al.*, 2007).

2.5.2. Nitrógeno en el crecimiento vegetal

De todos los elementos químicos esenciales, el N es el nutriente que tiene efectos más espectaculares sobre el crecimiento de la planta.

El N cumple funciones vitales dentro de los seres vivos, encontrándose dentro de las plantas tanto en formas orgánicas como inorgánicas. Estas últimas son en realidad de escasa magnitud, estando la mayoría como NO_3^- , única forma inorgánica capaz de ser almacenada. Por lo tanto, dentro de la planta la mayoría del N se encuentra en forma orgánica. Este nutriente juega un rol esencial en el crecimiento del vegetal, ya que es constituyente de moléculas como: clorofila, aminoácidos esenciales, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, hormonas, trifosfato de adenosina (ATP). Además, el N es esencial en muchos procesos metabólicos, como por ejemplo, la utilización de los carbohidratos (PERDOMO *et al.*, 2000).

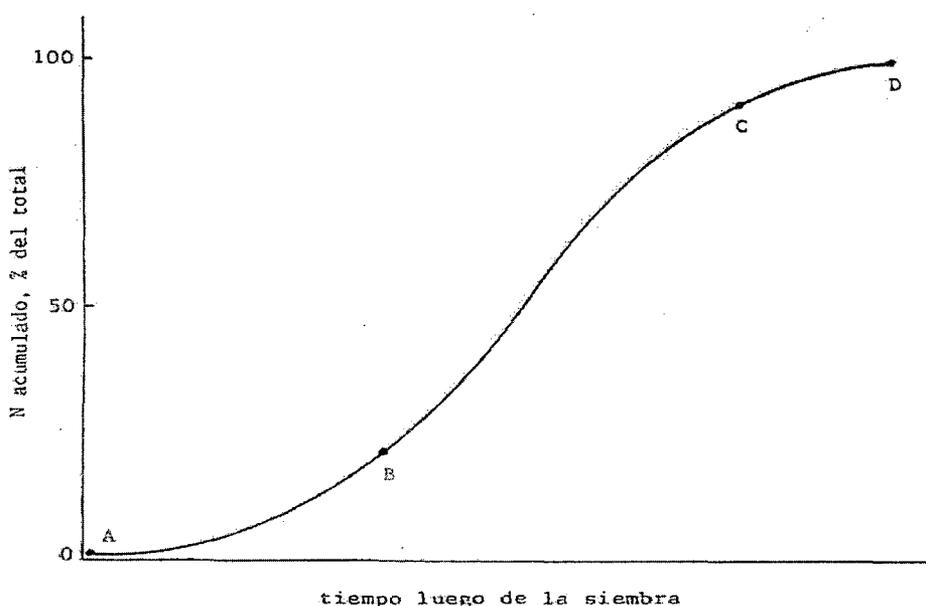


Figura 3. Curva teórica de la acumulación del N en la planta a través de su ciclo de crecimiento (PERDOMO *et al.*, 2000).

La acumulación de N en la planta en función del tiempo sigue una curva sigmoide (Figura 3) donde la acumulación al principio es escasa porque la planta recién se está desarrollando. Luego ocurre una etapa de máxima absorción de N que corresponde al período de activo crecimiento. Finalmente, la tasa de absorción de N se reduce. Las tasas de absorción y la duración de cada una de estas etapas dependen de factores tales como especie, variedad, manejo, etc. Una curva sigmoide similar a la Figura 2 se obtiene cuando se relaciona la producción de materia seca de un cultivo en función del tiempo. Las diferencias entre ambas curvas es que la acumulación de N antecede a la acumulación de MS (PERDOMO *et al.*, 2000).

2.5.3. Formas químicas en que el N es absorbido por las plantas

Las plantas pueden absorber N como NO_3^- o NH_4^+ . Como en la mayoría de los suelos las condiciones permiten la acción de las bacterias nitrificantes, normalmente la mayoría de los cultivos absorben la mayor parte de su N como NO_3^- . Sin embargo, en situaciones específicas, como por ejemplo en condiciones anaeróbicas o inmediatamente a la aplicación de fertilizantes amoniacales, las plantas pueden absorber relativamente más NH_4^+ que NO_3^- . La absorción de N como NH_4^+ también puede ocurrir en la etapa temprana del crecimiento ya que ésta se produce cuando las temperaturas son aún bajas para que se produzca una rápida nitrificación. Al avanzar el estado de crecimiento la planta absorbe paulatinamente más NO_3^- . En algunos casos las plantas también absorben N bajo forma de urea (PERDOMO *et al.*, 2000).

En presencia de ambas formas de N, la preferencia de las plantas por una u otra forma varía según la especie. Algunas plantas, como por

ejemplo los cereales, absorben N independientemente de la forma en que éste se encuentre, mientras que otras parecen haberse adaptado a una forma determinada de N. Las solanáceas (por ejemplo, tomate, tabaco) se ven favorecidas por una relación $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$ más alta. El arroz es un ejemplo de un cultivo adaptado a la absorción de N como NH_4^+ , existiendo algunos cultivares que parecen no tolerar la presencia de NO_3^- (TISDALE *et al.*, 1993). Otras especies adaptadas a la nutrición con NH_4^+ son aquellas que crecen en suelos ácidos de regiones tropicales y subtropicales, donde el proceso de nitrificación se ve reducido. Incluso se ha detectado que las raíces de estas especies excretan inhibidores de la nitrificación.

2.6. Formas de aplicación de los fertilizantes

Dependiendo del tipo de fertilizante, el cultivo y método de aplicación, el fertilizante se puede aplicar en banda o al voleo, inyectando directamente al suelo o al tronco del árbol, asperjado al follaje, o mediante al agua del riego. Según sea el tipo de fertilizantes, se debe localizar cerca de las raíces o ponerlo en contacto con las hojas en forma de solución (GAVI, s.d.).

Las pérdidas de nitrógeno son mayores cuando la urea se aplica al voleo, especialmente sobre residuos orgánicos, comparado con las soluciones UAN (agua más urea y nitrato de amonio) y nitrato de amonio. La eficiencia de recuperación es mayor cuando la urea se aplica en bandas a 10 cm de profundidad. La inyección de soluciones o gas al suelo también aumenta la recuperación del nitrógeno por la planta.

Debido a que el P y K son nutrientes inmóviles en el suelo, su eficiencia aumenta si se colocan cerca de las raíces para que estas intercepten y para reducir su fijación. La aplicación de P y especialmente K en banda o en hilera ha incrementado más el rendimiento. En suelos sujetos a compactación se ha observado que la disponibilidad de K es reducida, probablemente debido a menor aireación en la zona radicular (GAVI, s.d.).

2.7. Relación entre el pH y la nutrición mineral

Los efectos negativos de los valores extremos de pH en la toxicidad de iones aluminio y manganeso, y en la disponibilidad de micronutrientes en los suelos minerales, está bien establecida. Sin embargo, la situación es diferente en suelos orgánicos. Estudios acerca de la disponibilidad de nutrientes han mostrado que la disponibilidad máxima de éstos ocurre con un pH de 6.5, aproximadamente, en suelos minerales, mientras que en los suelos orgánicos el valor es mucho más bajo (pH de 5.0 a 5.5) (LUCAS y DAVIS, 1961). PETERSON (1981) encontró que valores de 5.2 a 5.5 fueron el intervalo de pH óptimo para la disponibilidad de nutrientes en un sustrato artificial.

Los suelos naturales contienen una variedad de iones químicos que reaccionan con los iones nutricionales, especialmente los microelementos, y los hacen no disponibles para las plantas (LANDIS, 1989).

Aunque las especies forestales son capaces de tolerar un intervalo relativamente amplio de valores de pH, está bien documentado que las

coníferas crecen mejor con un pH alrededor de 5.5, mientras que las latifoliadas prefieren un valor ligeramente mayor de 6.5.

El tipo de fertilizante puede afectar el pH y los niveles de sales solubles del medio de crecimiento, lo cual puede afectar seriamente el crecimiento de la planta. Ciertas especies son sensibles al pH, y los niveles elevados de sales solubles pueden originar la denominada "quemadura por fertilizantes", la cual es particularmente seria con las semillas en germinación y con las plántulas pequeñas (LANDIS, 1989).

2.8. Características de la capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann)

2.8.1. Taxonomía de la especie

Cronquist (1984), citado por MUÑOZ (2005) clasifica a la especie de la siguiente manera:

Reino	:	Plantae
División	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotiledónea
Sub – Clase	:	Asteridae
Orden	:	Gentianales
Familia	:	RUBIACEAE
Género	:	<i>Calycophyllum</i>
Especie	:	<i>Spruceanum</i>

N. Científico : *Calycophyllum spruceanum*

N. Vulgar : Capirona

2.8.2. Descripción botánica

El árbol alcanza 30 m de altura. Tronco liso y brillante, rojizo, verduzco o grisáceo. Estipulas de 1.5 a 3 cm estrechamente ovales persistentes únicamente las que están entre las dos hojas terminales, caducas las otras dejando cicatrices circulares alrededor de la ramitas, hojas compuestas. Inflorescencias tirsos, umbeliformes de 5 - 15 cm de terminales. Brácteas foliares en las bifurcaciones de las simulas. Cápsulas de 0.8 – 1.3 cm de largo, estrechamente elíptica oblongas, pubescentes comprimidas lateralmente, reunidas en infrutescencia tirsoide y semillas pilosas (Spichiger, 1989; citado por FLORES, 2002).

2.8.3. Distribución geográfica

Según Kember (2001), citado por FLORES (2002), se encuentra en la amazonia del Perú y Brasil. En el Perú se encuentra en las regiones Amazonas, San Martín, Huánuco, Loreto, Madre de Dios y Ucayali. Se encuentran los bosques primarios y secundarios en terrenos periódicamente inundados en las formaciones ecológicas de bosque secos tropicales, en bosque húmedo tropical o bosque muy húmedo tropicales. A veces crece en comunidades-manchales, llamadas capironales. El clima preferido por esta especie es el tropical húmedo con una temperatura media anual de 22 °C a 26 °C y precipitación pluvial entre 1,100 a 3,400 mm anuales. Además se desarrolla muy bien, en suelos arenosos y arcillosos que presentan un

contenido medio o alto de materia orgánica. Prefiere suelos con pH de 7 y saturación de aluminio menor de 30 %. No prospera en suelos extremadamente ácida con pH de 4 a 4.5.

Especie pionera común en bosques secundarios, aunque, se le encuentra también con frecuencia en bosques primarios o maduros en tipos de bosques aluviales y de colina baja y media (PALOMINO y BARRA, 2003).

2.8.4. Importancia

La especie *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann es típica de los ecosistemas inundables, cuya madera es apreciada como leña por los pobladores rurales y como madera para la industria de los muebles (PEZO, 2005).

2.8.5. Usos

La madera de capirona puede utilizarse en estructuras, vigas, columnas, en pisos machihembrados postes, mangos de herramienta, ebanistería, artículos de deporte, escultura, arcos, entre otros. Además, la capirona tiene múltiples propiedades medicinales: su corteza, en infusión es útil para infecciones oculares, la diabetes y males ováricos, en emplastos es muy buen cicatrizante y antimicótico. La savia de este árbol tiene propiedades cosméticas, borra las manchas y cicatrices en la piel y previene las arrugas. Su potencial medicinal le otorga muchas posibilidades de desarrollo en la industria médica y farmacéutica (Kember, 2001; citado por FLORES, 2002).

2.8.6. Tipos de suelo

Se encuentra tanto en bosque primario como el bosque clímax. Frecuente también en bosques secundarios, pioneros o tardíos, en suelos limosos a arcillosos, aluviales y fértiles. (UGARTE, 2004). Se trata de un árbol característico en bosques ribereños temporalmente inundables por aguas claras, se encuentra en áreas temporalmente inundables y en zonas ribereñas, y tolera la pedregosidad elevada (REYNEL *et al.*, 2003).

2.8.7. Características específicas del sitio

Densidad de la madera (g/cm^3): 0.76 (madera dura).

Temperamento ecológico: Heliófila durable de crecimiento rápido.

Estrategia de crecimiento: Precisa de luminosidad en claros pequeños o sitios abiertos para germinar, crecer y alcanzar estratos superiores de bosque. En sucesiones secundarias pueden abundar en poblaciones homogéneas.

Estrato del bosque donde domina o se establece: Como árboles adultos son dominantes o codominantes en el estrato superior y medio del bosque.

Vectores de dispersión de las semillas: Tiene el potencial para dispersar semillas a distancias largas por el viento y el agua. La distancia real de dispersión está en función a la viabilidad de la semilla, corrientes aéreas, velocidad de viento y flujo de agua en el río (PALOMINO y BARRA, 2003).

Textura del suelo: Media, suelos francos.

Reacción del suelo a la acidez: De fuertemente ácidos a ligeramente ácidos (pH 4.5 – 6.5).

Tolerancia a suelos especiales: Hidromórficos y degradados, con bajas tasas de crecimiento y regular sobrevivencia.

Altitud (piso altitudinal) msnm: De llanos amazónicos hasta la Selva Alta, llegando a 1,100 msnm (PALOMINO y BARRA, 2003).

2.8.8. Características silviculturales

Tolerancia: Inundación temporal, sombra inicial, maleza temporal

Capacidad o habilidad: Rapidez de regeneración natural, autopoda, rebrote de tocones de árboles talados, el clorotipo cortical por su corteza de color verde, relacionada a la distribución de clorofila y área fotosintética (PALOMINO y BARRA, 2003).

2.9. Investigaciones en fertilización

Gutiérrez *et al.* (1999), citado por MUÑOZ (2005) lograron registrar un incremento medio anual de la capirona en altura de 0.80 metros y en diámetro 0.76 cm existiendo correlación entre estas dos variables, por otra parte FLORES (2002), evaluó el incremento de altura de la capirona encontrando un incremento promedio de 0.10 metros en dos meses de plantación, considerándose un incremento rápido comparativo con otras

especies maderables como el tornillo y la caoba, estimando que al año tendrá un incremento promedio de altura de 0.60 metros y en 5 años aproximadamente 3 metros.

Experiencias sobre fertilización en Pucallpa, con un ensayo de 12 meses sobre diámetro y profundidad de hoyos, en suelo compactado y ácido (pH 4.6), con la adición de 200 g de roca fosfórica, se obtuvo los siguientes resultados de crecimiento (altura): Capirona 2.10 m y 87 % de sobrevivencia en hoyos de 20 x 40 cm 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 capirona, el autor ha encontrado una relación entre el incremento de la disponibilidad del calcio en el suelo y la altura dominante a 28 meses.

En crecimiento, la capirona alcanza un incremento medio anual (IMA) de diámetro igual a 3.1 cm con buen mantenimiento y 3.1 a 1.8 cm con regular mantenimiento. En altura de planta se ha observado IMA que van de 3.5 cm con buen mantenimiento y 2.6 a 1.7 cm con regular mantenimiento. Todo esto para condiciones de sistema agroforestal como cerco vivo (PALOMINO y BARRA, 2003). Mientras que en fajas de enriquecimiento se encontró IMA de 1.5 m para la altura de planta (LA TORRE, 2009). Otras trabajos, reportan crecimiento de 81.03 a 147.72 cm en altura total de planta y, con diámetros de 1.17 a 1.96 cm después de 24 meses de instalación (CIFOR, 2004), para VELA (2005) las características dasométricas fueron de 219.25 y 184.9 cm en altura de planta bajo dosis de 1 kg/planta y 1/2 kg/planta de guano de isla en 5 meses de evaluación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política y geográfica

La presente investigación se realizó en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALD), el mismo que se encuentra políticamente ubicado en el distrito José Crespo y Castillo, provincia Leoncio Prado, región Huánuco. Cuenta con una superficie aproximada de 460 hectáreas, y entre sus componentes se encuentran pastos, cultivos agrícolas, plantaciones forestales y bosques secundarios. Parte del área presenta suelos inundables y temporalmente inundables.

Geográficamente el centro de la parcela en estudio se localiza en las siguientes coordenadas UTM: 385300 Este y 8991000 Norte, con una altitud de 610 m.s.n.m.

3.1.2. Clima

Se caracteriza por ser cálido y húmedo, con temperaturas medias anuales que oscilan alrededor de los 24 °C, llegando hasta los 31 °C en los meses secos y 18 °C aproximadamente en los meses lluviosas. Las precipitaciones superan los 3,300 mm por año, siendo los meses de mayor precipitación de noviembre a marzo. Ecológicamente; según el estudio de

zonas de vida de HOLDRIDGE (1987), el área se encuentra ubicada en la zona de vida bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PT).

3.1.3. Suelos

Tienen la conformación típica de las llamadas llanuras, cuyo relieve está comprendido entre 1 a 5 % formando grandes zonas homogéneas. Son suelos con fertilidad muy baja, pesados, arcillosos que dificultan un adecuado drenaje o por lo menos éste es sumamente lento.

La parcela experimental se ubica en las coordenadas UTM: 385300 Este y 8991000 Norte (centroide), presenta suelo plano, con predominancia de arbustos y pastos; en el análisis de suelos se determinó que el área presenta suelo de textura Franca, con pH de 6.13, 5.37% de materia orgánica, 0.24% de nitrógeno, 14.34 ppm de fósforo, 605.55 kg/ha de K₂O y 15.65 de CIC.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material biológico y fertilizante

- Plantones sanos de la especie forestal *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann, producidos en bolsas de polietileno de 4 x 7", con tres meses de edad; los mismos que en promedio contaban con 17 cm de altura total, 0.4 cm de diámetro de tallo a 10 cm del nivel del suelo y 14.5 cm de diámetro de copa.
- Fertilizante Molimax 20 – 20 – 20, cuya formulación corresponde al contenido de nitrógeno, fósforo y potasio.

3.2.2. Materiales de establecimiento y manejo

- Cavadora, utilizada para la apertura de hoyos.
- Tijera de mano, empleada para podar las raíces y como parte del manejo de las ramas laterales.
- Wincha de 05 m, utilizada en la evaluación de la variable altura total.
- Wincha de 50 m, para realizar las labores de trazado y marcado de la plantación en terreno definitivo.
- Vernier mecánico, utilizado para medir el diámetro del tallo.
- Tubo muestreador de suelos, para obtener las muestras de suelo.

3.2.3. Equipos

- Desbrozadora Husqvarna 143R-II, utilizada en el mantenimiento de la plantación, en lo que respecta el control de malezas durante todo el periodo de investigación.

3.3. Metodología

3.3.1. Ubicación de la parcela

Como actividad inicial de campo, se realizó la coordinación con el administrador del CIPTALD y el personal técnico encargado de la Unidad de Sistemas Agroforestales de la Facultad de Recursos Naturales Renovables,

luego se procedió a inspeccionar el área asignada para establecer la plantación, considerando aspectos como la distancia desde la carretera y la presencia de plantas indicadoras que garanticen la prosperidad de la plantación.

3.3.2. Establecimiento de la plantación

La preparación del terreno se realizó mediante acciones de limpieza general del área, cuyo principal componente fue una purma de cinco (05) años aproximadamente, y tal como se indicó anteriormente, en algunas partes de la parcela experimental los suelos son temporalmente inundables, los mismos que evidentemente favorecen el crecimiento de la especie *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann.

El sistema de plantación elegido fue a campo abierto y el método cuadrado con dimensiones de 3 m entre plantas (PALOMINO y BARRA, 2003); asimismo, para la orientación de las filas se consideró la proyección de la carretera (considerada como base) con la finalidad de que a futuro esta plantación sirva con fines didácticos por encontrarse en terrenos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Luego se realizó un muestreo de suelos a fin de determinar sus elementos nutricionales; esta labor consistió en hacer un recorrido en zig-zag extrayendo 10 submuestras de suelos de toda la parcela experimental, las mismas que luego se mezclaron para formar una muestra de aproximadamente 01 kg que fue llevada al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), para su respectivo análisis físico y químico.

Los plántones de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann fueron llevados desde el Vivero Forestal Gémula E.I.R.L. ubicado en el distrito Padre Felipe Luyando, hasta las instalaciones del CIPTALD. Las características más importantes fueron: buena sanidad y buen vigor.

Las labores de trazado y marcado se realizaron empleando jalones y wincha de 50 m, en tanto la apertura de hoyos fue ejecutada utilizando una cavadora, con la que se obtuvieron hoyos de 15 x 15 cm (diámetro y profundidad), aproximadamente.

Para la plantación propiamente dicha, se retiró cuidadosamente la bolsa de cada plánton rompiendo por la costura de la misma, tratando de mantener intacto el pan de tierra; posteriormente, se colocó de manera vertical el plánton en el hoyo, rellenando con tierra a los costados y presionando suavemente a fin de evitar espacios con aire, quedando el cuello de la raíz al nivel del suelo.

3.3.3. Aplicación de los tratamientos

Se aplicó las diferentes dosis del fertilizante Molimax 20-20-20 (tratamientos), las mismas que se realizaron de acuerdo a los antecedentes bibliográficos encontrados; para tal efecto se abrió una zanjilla (FLORES *et al.*, 1996) alrededor del tallo a un distanciamiento de 30 cm, realizándose la primera aplicación a 30 días de la plantación, la segunda a los 4 meses y la tercera a los 8 meses, respectivamente. Esta actividad se realizó empleando envases de plástico, para lo cual en el primer envase se colocó la dosis del tratamiento uno (T_1) y se realizó un corte hasta la medida alcanzada; para las demás dosis se duplicó para el caso del tratamiento 2 (T_2), se triplicó para el

tratamiento 3 (T₃) y cuadruplicó para el tratamiento 4 (T₄) la cantidad de fertilizante que fue aplicado de acuerdo a la distribución de los tratamientos.

3.3.4. Mantenimiento de la parcela de investigación

Se realizó la actividad de recalce antes de aplicarse el fertilizante debido a que la plantación presentaba individuos muertos.

El control de las malezas se realizó en periodos de cada 30 días, debido a que la vegetación competidora incrementó el ritmo de crecimiento por los factores climáticos favorables en esta época del año; la limpieza se realizó con la finalidad de que las plantas no sean invadidas por la vegetación competitiva, dado que podía afectar la consistencia y vigorosidad de la planta.

Se realizaron podas de formación (KURTZ y FERRUCHI, 2004) en las plantas a los seis (06) meses, el corte que se realizó fue en forma de bisel permitiendo el deslizamiento del agua por causa de la excesiva lluvia en época de precipitación.

Además, se colocó placas metálicas con los códigos de cada unidad experimental, consignando los siguientes datos: número de bloque, número de tratamiento y número de planta o unidad experimental.

3.4. Tratamientos en estudio

En base a la revisión bibliográfica sobre la aplicación de este producto en especies forestales, se encontró que en bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius), la dosis con mayor relevancia fue de 150 gramos del fertilizante inorgánico Molimax 20 – 20 – 20 (CUEVA, 2010). Por lo tanto, las

dosis consideradas para la capirona fueron de 0, 35, 70, 105 y 140 gramos de Molimax 20-20-20 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cantidad del fertilizante Molimax 20-20-20 utilizada en las plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann.

Tratamientos	Dosis de Molimax 20-20-20 (g)	N – P – K (g)
T ₀	0	0 – 0 – 0
T ₁	35	7 – 7 – 7
T ₂	70	14 – 14 – 14
T ₃	105	21 – 21 – 21
T ₄	140	28 – 28 – 28

3.5. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño empleado fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), por ser el recomendado para experimentos en campo. Las variables evaluadas fueron sometidas a la prueba de Duncan, la misma que se utiliza para realizar comparaciones múltiples de medias con un nivel de confianza del 95 por ciento de probabilidad. Para la selección de la distribución de los tratamientos se utilizó el procedimiento de selección denominado la Tómbola, que consistió en elaborar balotas en cada una de las cuales se registró el número de cada tratamiento desde el testigo hasta el T₄, luego se procedió a revolverlas en una bolsa plástica para extraerlas una a una al azar sin devolverlas a la bolsa, hasta completar el bloque uno; culminado este procedimiento, se volvió a colocar las balotas en la bolsa y se repitió el procedimiento hasta completar los tres bloques.

Cada tratamiento estuvo constituido por 60 plantas, distribuidas en tres bloques; el total de plantas por tratamiento en cada bloque fue de 20, es decir, 20 unidades experimentales, haciendo un total general de 300 plantas en la parcela experimental (Figura 4).

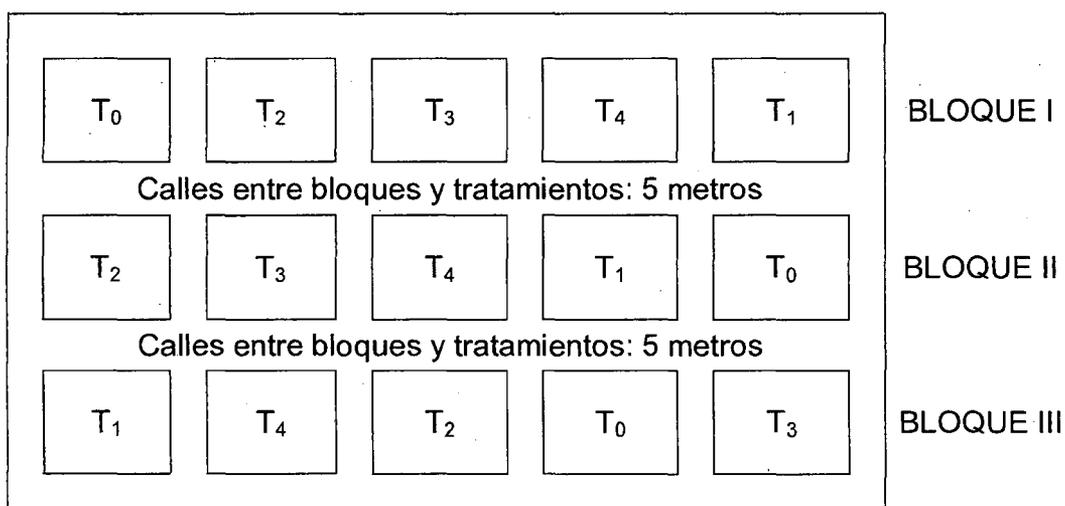


Figura 4. Distribución de los tratamientos en campo definitivo.

- Ancho de la parcela : 50 m
- Largo de la parcela : 70 m
- Ancho de las calles : 5 m
- Área total de la parcela : 3,500 m²
- Área neta de la parcela : 1,620 m²

3.5.1. Modelo aditivo lineal

La variable respuesta (observación) ha estado constituida por la influencia de muchos factores, la cual estuvo representada por la ecuación de la forma:

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

Dónde:

Y_{ij} = Respuesta del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque

u = Media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

E_{ij} = Efecto aleatorio del error

3.6. Variables evaluadas

Las variables evaluadas estuvieron distribuidas en dependientes e independientes y se evaluaron a los 4 meses, 8 meses y 12 meses de establecida la plantación, tomando como referencia lo sugerido por MURILLO y CAMACHO (1997).

3.6.1. Variables independientes

- Las diferentes dosis del fertilizante Molimax 20-20-20, aplicados a las plantas de capirona (unidad experimental).

3.6.2. Variables dependientes

3.6.2.1. Altura total (m)

La altura total se midió en metros, desde la base de la planta hasta el ápice superior de crecimiento en unidades de centímetros. La medición se realizó en tres periodos, según lo mencionado en el acápite 3.6.

3.6.2.2. Diámetro del tallo (cm)

El diámetro del tallo en la planta fue medido a 10 cm sobre el nivel del suelo, para lo cual se empleó un vernier mecánico orientado en cada evaluación en dirección de las filas (Norte a Sur), a fin de no incurrir en diferencias diametrales con las medidas posteriores; la unidad utilizada fue centímetros.

3.6.2.3. Diámetro de copa (m)

Variable considerada para determinar la competencia intraespecífica por el espacio, toda vez que el incremento del diámetro de copa es un indicador importante de la calidad de las plantas dentro de la plantación.

3.6.2.4. Mortalidad (%)

Parámetro para cuya cuantificación se procedió al conteo de plantas muertas en cada tratamiento, resultados que fueron posteriormente convertidos a porcentajes mediante una regla de tres simple; finalmente, se obtuvo el valor promedio por bloque para su análisis respectivo.

3.7. Fase de gabinete

Consistió en ordenar los datos colectados en las evaluaciones durante los 12 meses de investigación, para luego mediante el programa Microsoft Excel 2010 realizar el procesamiento que permitió obtener el promedio de los valores y su representación a través de figuras.

La variación total de los resultados experimentales del Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), fue procesada mediante el análisis de varianza (ANVA) a un nivel de significancia o riesgo de 0.05, para cuyo efecto se empleó el programa SPSS versión 19. Asimismo, con la finalidad de determinar el grado de variabilidad de los datos, se tomó como referencia lo sugerido por CALZADA (1976), en la que asigna los siguientes valores al coeficiente de variación:

- 5 y 10 : Excelente
- 11 y 15 : Muy buena
- 16 y 20 : Buena
- 21 y 25 : Regular
- 26 y 31 : Mala
- > 31 : Muy mala

IV. RESULTADOS

4.1. Efecto del NPK sobre el crecimiento de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann

4.1.1. Altura total (m)

El ANVA de las tres evaluaciones registradas durante los 12 meses muestra que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los bloques, lo cual explica que los medios donde se establecieron las plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann tuvieron características homogéneas; así mismo, se observa que los tratamientos (dosis de fertilizante aplicadas a las plantas) no presentaron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 2).

Cuadro 2. ANVA para la altura total de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann.

FV	GL	4 meses		8 meses		12 meses	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Bloque	2	0.02	0.0398 ^{ns}	0.15	0.5804 ^{ns}	0.1	0.7265 ^{ns}
Tratamiento	4	2.90E-03	0.4764 ^{ns}	0.23	0.4941 ^{ns}	0.09	0.8824 ^{ns}
Error	8	3.10E-03		0.25		0.31	
Total	14						
CV		14.16 %		32.6 %		22.57 %	

ns: No hay diferencias estadísticas.

Al realizar la comparación de medias entre los tratamientos, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los promedios para cada tratamiento; sin embargo, numéricamente se obtuvo mayor crecimiento de la variable altura total al aplicar 140 g del fertilizante Molimax 20-20-20 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para la altura total de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann.

Tratamiento	Altura (m)		
	4 meses	8 meses	12 meses
T ₄	0.40 ^a	1.70 ^a	2.74 ^a
T ₃	0.34 ^a	1.94 ^a	2.50 ^a
T ₂	0.38 ^a	1.42 ^a	2.46 ^a
T ₁	0.39 ^a	1.29 ^a	2.34 ^a
T ₀	0.43 ^a	1.33 ^a	2.31 ^a

Los tratamientos fueron las dosis del fertilizante Molimax 20-20-20.

Letras diferentes muestran significancia estadística.

La aplicación de las diferentes dosis de fertilizante Molimax 20-20-20 ha tenido una repercusión directamente proporcional al crecimiento de la variable altura total, lo cual explica que hasta los 140 g de dicho fertilizante no hubo diferencias estadísticas al comparar con la altura total promedio de las plantas que no recibieron fertilización alguna. Este comportamiento pudo ser debido a que la aplicación del fertilizante se realizó en temporada de alta precipitación y pudo haberse perdido por lixiviación o por las malezas que predominaban en su alrededor (principalmente gramíneas) y competían por los nutrientes que aportaba el fertilizante (Figura 5).

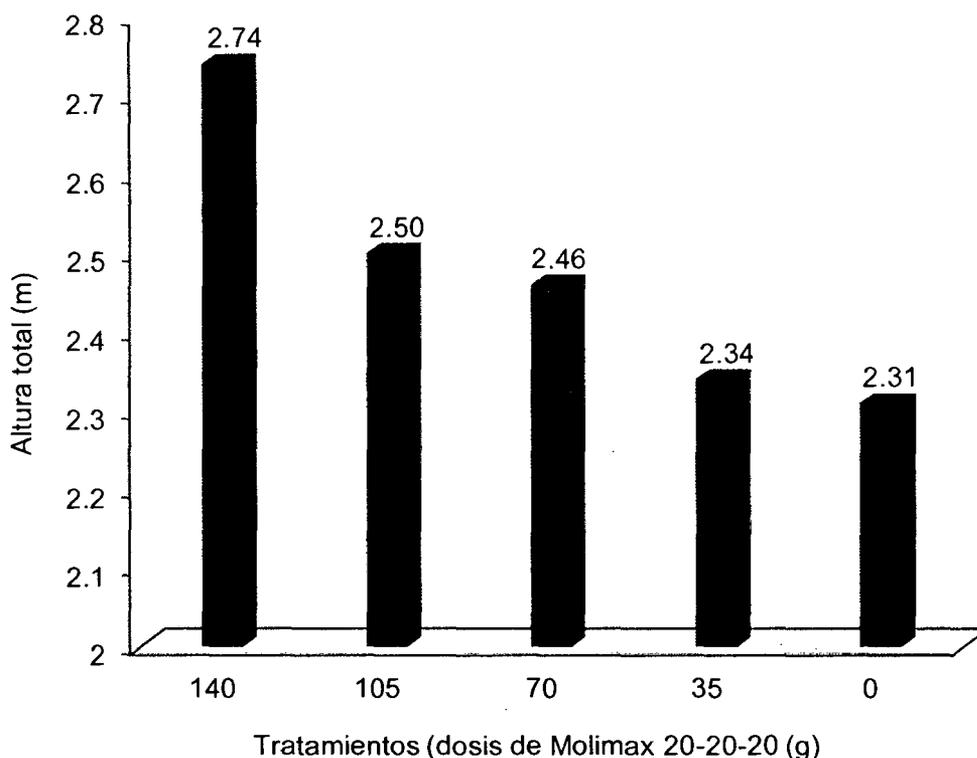


Figura 5. Altura total de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann.

4.1.2. Diámetro del tallo (cm)

El ANVA de las tres evaluaciones registradas durante los 12 meses muestra que no existe diferencia estadísticamente significativa entre bloques, lo cual evidencia homogeneidad de los suelos y el clima; así mismo, los tratamientos (dosis de fertilizante aplicadas e inclusive plantas sin fertilización) 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 4).

Cuadro 4. ANVA para el diámetro del tallo de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann.

FV	GL	4 meses		8 meses		12 meses	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Bloque	2	0.04	0.0593 ^{ns}	0.1	0.5581 ^{ns}	0.19	0.7265 ^{ns}
Tratamiento	4	0.01	0.3156 ^{ns}	0.14	0.5185 ^{ns}	0.32	0.7054 ^{ns}
Error	8	0.01		0.17		0.57	
Total	14						
CV		12.31		14.29		15.32	

ns: No hay diferencias estadísticas.

Al comparar los promedios de los diferentes tratamientos, numéricamente las plantas fertilizadas con mayor dosis presentaron mayor diámetro del tallo, dato registrado a una altura de 10 cm sobre el nivel del suelo. Las plantas sin fertilización superaron a las plantas fertilizadas con dosis de 35 y 70 g de Molimax (Cuadro 5).

Cuadro 5. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el diámetro del tallo de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann.

Tratamiento	Diámetro (cm)		
	4 meses	8 meses	12 meses
T ₄	0.86 ^a	3.22 ^a	5.50 ^a
T ₃	0.71 ^a	2.85 ^a	4.96 ^a
T ₀	0.83 ^a	2.79 ^a	4.83 ^a
T ₂	0.72 ^a	2.65 ^a	4.74 ^a
T ₁	0.75 ^a	2.72 ^a	4.70 ^a

Letras diferentes muestran significancia estadística.

Las plantas fertilizadas con 35 g de Molimax 20-20-20 registraron menor promedio de diámetro del tallo, mientras que el mayor valor se logró en plantas fertilizadas con 140 g; por otra parte, el tratamiento testigo (T_0) se mantuvo con comportamiento intermedio entre las dosis utilizadas (Figura 6).

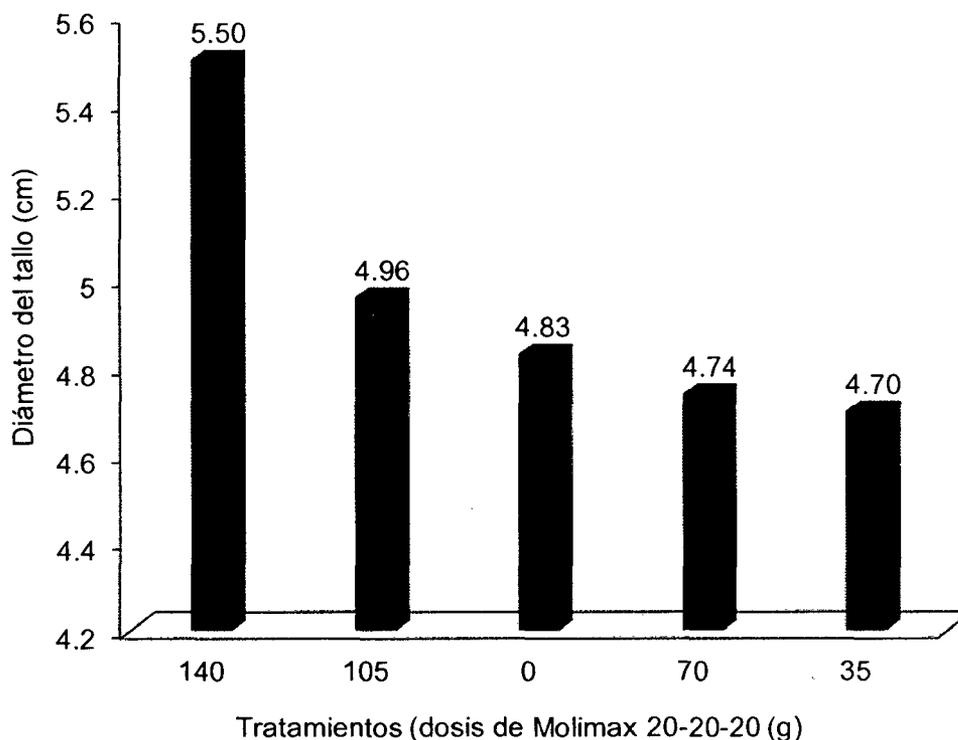


Figura 6. Diámetro del tallo de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann.

4.1.3. Diámetro de copa (m)

En el ANVA de las tres evaluaciones registradas durante los 12 meses se observa que los bloques no presentaron diferencia estadísticamente significativa; de manera similar los tratamientos (dosis de fertilizante), no repercutieron estadísticamente sobre la variable diámetro de copa. Es preciso indicar también que los valores de la variable diámetro de copa generaron

distribución homogénea de los datos, debido a que el coeficiente de variación obtenido fue menor del 25 % y es aceptable para investigaciones realizadas en campo (Cuadro 6).

Cuadro 6. ANVA para el diámetro de copa de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann.

FV	GL	4 meses		8 meses		12 meses	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Bloque	2	0.01	0.1347 ^{ns}	0.01	0.7273 ^{ns}	0.02	0.824 ^{ns}
Tratamiento	4	6.80E-04	0.8751 ^{ns}	0.06	0.3074 ^{ns}	0.02	0.9386 ^{ns}
Error	8	2.30E-03		0.04		0.11	
Total	14						
CV		15.93		21.59		22.11	

ns: No hay diferencias estadísticas.

Numéricamente, las plantas de capirona fertilizadas con 140 g del fertilizante Molimax 20-20-20 presentaron mayor valor promedio del diámetro de copa, mientras que las fertilizadas con 35 g del referido fertilizante alcanzaron menor valor promedio de esta variable (Cuadro 7).

Cuadro 7. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el diámetro de copa de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann.

Tratamiento	Diámetro de copa (m)		
	4 meses	8 meses	12 meses
T ₄	0.31 ^a	0.97 ^a	1.55 ^a
T ₃	0.29 ^a	1.09 ^a	1.53 ^a
T ₂	0.29 ^a	0.79 ^a	1.49 ^a
T ₀	0.33 ^a	0.94 ^a	1.46 ^a
T ₁	0.3 ^a	0.76 ^a	1.34 ^a

Letras diferentes muestran significancia estadística.

El diámetro de copa alcanzado por las plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann sin fertilización alcanzó un promedio cercano a los efectos de las plantas fertilizadas con 70 g del fertilizante Molimax 20-20-20; sin embargo, el mayor efecto se registró en las plantas fertilizadas con 140 g de dicho fertilizante (Figura 7).

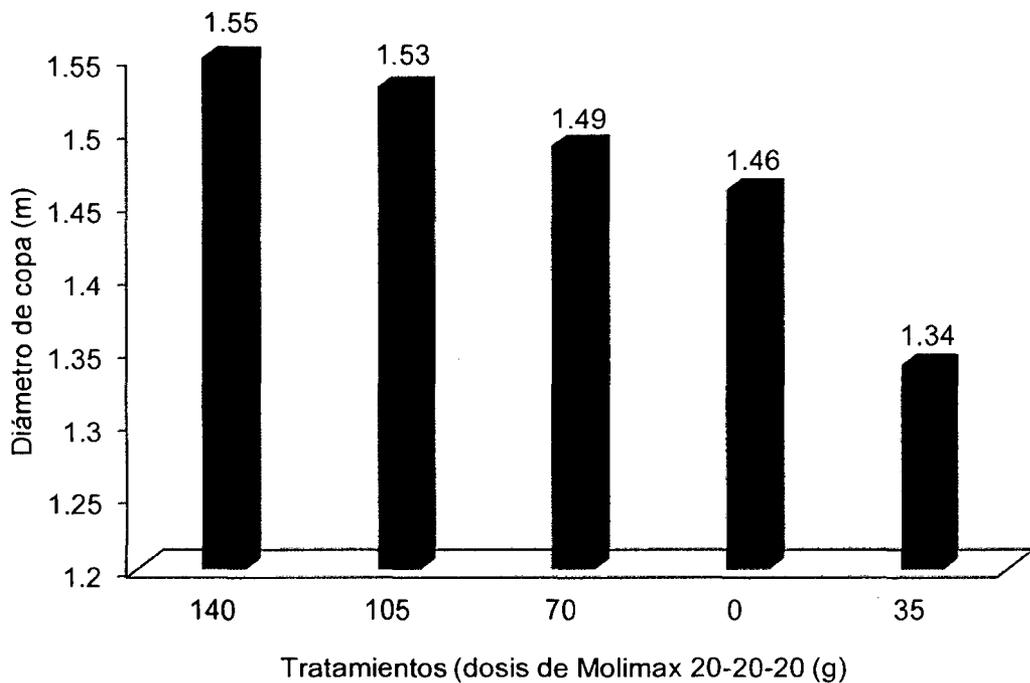


Figura 7. Diámetro de copa de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann.

4.2. Mortalidad de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann bajo diferentes dosis de NPK

La mortalidad registrada en las plantas presentó relación inversamente proporcional respecto a las dosis de fertilizante utilizadas, a excepción de las plantas en las que se aplicó 70 g del fertilizante Molimax 20-20-20, cuyo valor fue similar al testigo (0 g del fertilizante) representando el mayor valor promedio de plantas muertas; por otra parte, la menor cantidad de

plantas muertas se obtuvo con la aplicación de 35 g, 140 g y 105 g del fertilizante (Figura 8).

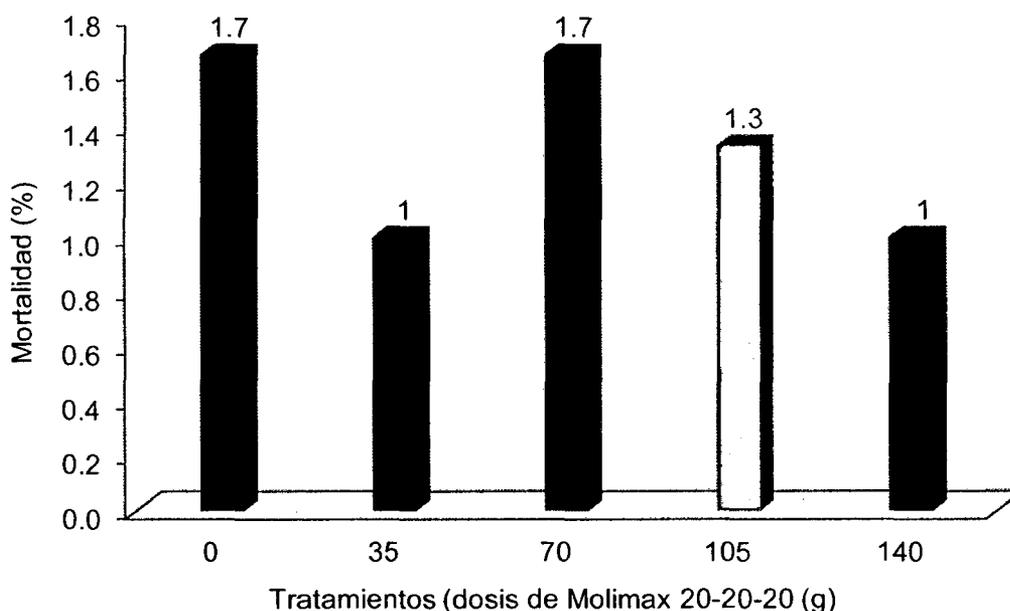


Figura 8. Mortalidad de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann.

4.3. Correlación entre las dosis de fertilización con las variables dependientes evaluadas

Las dosis del fertilizante Molimax 20-20-20 aplicadas en plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann presentaron relación positiva no significativa con las variables altura total, diámetro del tallo y diámetro de copa; además, se ha encontrado relación negativa no significativa con la variable mortalidad de plantas.

Se determinó correlación positiva y significativa de la variable diámetro del tallo con las variables altura total y diámetro de copa; así también

hubo correlación significativa entre las variables altura total con el diámetro de copa. Estos resultados significativos son de importancia para determinar el valor de una variable en especial, con solo determinar el valor de otra variable; como ejemplo podemos indicar lo siguiente: conociendo el diámetro del tallo se puede determinar la altura total para la especie en estudio con edades similares (Cuadro 8).

Cuadro 8. Correlación entre las variables (dependiente e independiente) de la investigación.

		HT (m)	DT (cm)	DC (m)	Mortalidad (%)
Dosis (g)	R ²	0.3221 ^{ns}	0.3499 ^{ns}	0.2087 ^{ns}	-0.2085 ^{ns}
	Sig.	0.2417	0.2010	0.4555	0.4558
HT (m)	R ²	1	0.8538 *	0.9384 *	-0.0118 ^{ns}
	Sig.		0.0001	<0.0001	0.9667
DT (cm)	R ²	0.8538 *	1	0.8077 *	-0.1863 ^{ns}
	Sig.	0.0001		0.0003	0.5062
DC (m)	R ²	0.9384 *	0.8077 *	1	0.0252 ^{ns}
	Sig.	<0.0001	0.0003		0.9288
Mortalidad (%)	R ²	-0.0118 ^{ns}	-0.1863 ^{ns}	0.0252 ^{ns}	1
	Sig.	0.9667	0.5062	0.9288	

HT: Altura total; DT: Diámetro del tallo a 10 cm del nivel del suelo; DC: Diámetro de copa

R²: Coeficiente de correlación de Pearson

^{ns}: No hay correlación significativa, *: Presenta correlación estadística.

V. DISCUSIÓN

5.1. Efecto del NPK sobre el crecimiento de las plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann

No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos aplicados (dosis de fertilizante Molimax 20-20-20), resultados que son afirmados por FLORES *et al.* (1996), al indicar que los árboles forestales son poco dependientes de la fertilización.

Sin embargo, se observa diferencias numéricas en las variables respuesta de las plantas sobre la fertilización, resultado que podría atribuirse a la adecuada selección del lugar para el establecimiento de la plantación; al respecto, MONTERO *et al.* (2003) corrobora este resultado al afirmar que la elección adecuada para establecer la plantación hace que las especies sean más compatibles con las características del suelo, por lo que se deduce que la fertilización ha influenciado muy poco.

En general, según LAMPRECHT (1990) el suministro de fertilizantes apropiados para los suelos tropicales pobres en nitrógeno tiene efectos positivos, aunque las diferencias estadísticas va a depender de la calidad de suelo donde se han establecido las especies.

Como se observa en los resultados, existen diferencias numéricas en el diámetro de tallo, y es a esta característica que se considera muy importante para determinar el volumen de la madera en pie. Por su parte, MONTERO *et al.*, (2003) sostiene que para el caso del diámetro del tallo cuando el suelo tiene una fertilidad media (suficiente para el normal crecimiento de las plantas), pero que por algún motivo se desea acelerar más este crecimiento que es objetivo habitual en especies de madera muy valiosa y turno relativamente corto, puede ser interesante que se realicen fertilizaciones en la plantación.

5.2. Mortalidad de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann bajo diferentes dosis de NPK

Las plantas que recibieron fertilización experimentaron menor porcentaje de mortalidad comparativamente con las que no se fertilizaron; este comportamiento es corroborado por MONTERO *et al.* (2003), al indicar que la falta de nutrientes o el desequilibrio nutricional del suelo suele predisponer a la plantación al ataque de hongos e insectos, debido al desequilibrio fisiológico que se crea por la deficiente nutrición del árbol, lo cual hace que la plantación sea más susceptible al ataque de enfermedades y plagas.

Sobre el tema, HOLMBERG (1992) sostiene que el uso de fertilizantes tiene por objeto proporcionar a las plantas los nutrientes necesarios para un rápido crecimiento inicial, proporcionando a cada una de ellas los elementos nutritivos. Dentro de los beneficios que aporta la fertilización, se pueden mencionar: la estimulación del desarrollo radicular, una rápida ocupación del suelo por la planta y una alta tasa de sobrevivencia.

Evidentemente uno de los elementos que influenció favorablemente sobre la mortalidad fue el K, que está involucrado en los mecanismos de defensa de la planta a las plagas y enfermedades; este comportamiento es explicado por ARRUDA y MALAVOLTA (2001), al afirmar que se debe a que altas concentraciones de K en los tejidos favorecen las síntesis y acumulación de compuestos fenólicos, que actúan como inhibidores de insectos y hongos.

5.3. Correlación entre las dosis de fertilización con las variables dependientes evaluadas

No se encontró correlación entre la fertilización utilizada con las variables respuesta; estos resultados según BOARETTO *et al.* (2007), pueden haberse dado por la escasa o nula influencia de los nutrientes, comportamiento que se explica por el desconocimiento de los requerimientos nutricionales de la especie en estudio, dado que es difícil determinar la dosis adecuada de fertilizante, por lo que debe realizarse estudios en diferentes tipos de suelos.

Es preciso acotar también que de acuerdo a lo manifestado por BOARETTO *et al.* (2007), el N entra en contacto con las raíces de las plantas por flujo de masa, lo que indica que el agua es fundamental para que el nutriente sea adecuadamente absorbido y exista eficiente respuesta a su aplicación, lo cual evidencia que los resultados de la presente investigación se debieron a que los suelos donde se estableció la plantación presentaban alto contenido de humedad debido a la época de lluvias al momento de la instalación.

Referente a la correlación observada entre las variables altura total y diámetro del tallo de la planta, Gutiérrez *et al.* (1999), citados por MUÑOZ (2005) obtuvieron para plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann un incremento medio anual en altura de 0.80 metros y en diámetro 0.76 cm, existiendo correlación entre estas dos variables, por lo que resulta favorable determinar esta relación para plantas con mayores edades.

VI. CONCLUSIONES

1. No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los bloques ni entre los tratamientos; sin embargo, numéricamente al utilizar 140 g del fertilizante Molimax 20-20-20 (T₄) se obtuvo mayor efecto sobre las variables altura total (2.74 m), diámetro del tallo (5.50 cm) y diámetro de copa (1.55 m).
2. La mortalidad de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann presentó relación favorable respecto a la dosis de fertilizante utilizado, registrando mayor mortalidad con el tratamiento testigo (T₀) con 1.7%, y menor mortalidad cuando se usó el fertilizante Molimax 20-20-20 (1%).
3. Las dosis del fertilizante Molimax 20-20-20 aplicadas en plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann no presentaron relación significativa con las variables de crecimiento de las plantas; mientras que sí se observa relación significativa entre las variables evaluadas, a excepción de la mortalidad.

VII. RECOMENDACIONES

1. Para realizar la fertilización de plantas de la especie forestal *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann en campo definitivo, debe tenerse en consideración la temporada de alta precipitación pluvial, contribuyendo así a disminuir la pérdida de nutrientes por lixiviación.
2. Realizar el repoblamiento de la especie forestal en estudio, asociada con especies agrícolas (sistemas silvoagrícolas), debido a que se garantizará el reciclaje de nutrientes y la especie forestal se verá favorecida en su crecimiento asimilando los nutrientes aportados por los cultivos agrícolas.
3. Realizar estudios sobre las exigencias nutricionales de cada especie forestal a instalar en campo definitivo, con la finalidad de determinar las necesidades de fertilización específica.

**EFFECT OF FERTILIZATION WITH NPK ON A PLANTATION OF CAPIRONA
(*Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. Ex Schumann) IN TINGO
MARÍA, PERÚ**

VIII. ABSTRACT

The soils of the Peruvian jungle are usually low fertility nutrient leaching due to high rainfall, to which the influence of human activities adds. In this regard, the study aims to: determine the effect of different doses of fertilizer Molimax 20-20-20 (NPK) on the growth of the total height, stem diameter, crown diameter and percent mortality of plants *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann established in final field; and determine the correlation of the fertilizer with the dependent variables. The study was conducted at the Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria - Puerto Súngaro (CIPTALD), politically located in the district José Crespo y Castillo, Leoncio Prado province, Huánuco region. The design was the Randomized Complete Block Design (RCBD) with 3 blocks and 5 treatments, with a total of 300 experimental units; evaluated variables were subjected to Duncan test with a confidence level of 95 percent. The treatments were: T₀, T₁ (35 g de NPK), T₂ (70 g de NPK), T₃ (105 g NPK) y T₄ (140 g NPK). The fertilizer was applied at 30, 120 and 240 days after planting, respectively. The results show no statistically significant difference between blocks or between treatments; however, numerically using 140 g of fertilizer (T₄) greater effect on the variables

total height (2.74 m), stem diameter (5.50 cm) and crown diameter (1.55 m) was obtained; plant mortality was higher in the control treatment (T_0) with 1.7%, and less when fertilizer (1%) was used; finally, doses of fertilizer applied to plants showed no significant relationship with the variables of plant growth, only significant relationship between the variables evaluated were observed, except for mortality.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, S.R., MALAVOLTA, E. 2001. Nutricao e adubacao potassica em *Eucalyptus*. Informacoes Agronómicas, POTAFOS. Encarte Técnico 91:1-10.
- BENEDETTI, S., SAAVEDRA, J. s.d. Guía práctica para el establecimiento, manejo y cuidados de plantaciones de castaño. Instituto Forestal (INFOR); Gobierno de Chile. Chile. 8 p.
- BOARETTO, A.E., MURAOKA, T., TREVELIN, P. 2007. Uso eficiente del nitrógeno de los fertilizantes convencionales. Informaciones Agronómicas. 120:13-14.
- BOSCHETTI, G.N., QUINTERO, C.E. 2012. Importancia del fósforo orgánico del suelo en la nutrición fosfatada de los cultivos. Facultad Ciencias Agropecuarias UNER. [En línea]: Fertilizando.com, (<http://www.fertilizando.com/articulos/Importancia%20del%20fosforo%20organico%20del%20suelo.asp>, artículos, 10 Abr. 2014).
- CALZADA, J. 1976. Métodos estadísticos. 3 ed. 644 p.
- CANTLIFFE, D.J., HOCHMUTH, G.J., KARCHI, I., SECKER, I., BEN-YEHOSHUA, S. 1998. Nitrogen fertility requeriment for iceberg lettuce grow on sandland with plastic mulch and drip irrigation. Proc. Fla. State. Hort. Soc. 110: 306-309.

- CHANEY, D.E., DRINKWATER, L.E., PETTYGROVE, G.S. 1992. Organic soil amendments and fertilizers. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 21505. 36 p.
- 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 Mar. 2009).
- CUEVA, F.M. 2010. Crecimiento inicial de *Guazuma crinita* C. Martius (bolaina blanca) bajo efectos de mezcla entre fertilizante de fuente inorgánica y orgánica. Tesis Ing. en Recursos Naturales Renovables, Mención Forestales. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 88 p.
- FLORES B.Y. 2002. Semilla de Especies Forestales de Importancia Económica en la Región Ucayali. Primera edición. INIA. Pucallpa, Perú. 81 p.
- FLORES, L., GUERRA, J., OLIVERA, P. 1996. Manejo de viveros y plantaciones forestales. Universidad nacional Agraria de la Selva; Facultad de Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. 54 p.
- GAVI, F. s.d. Uso de fertilizantes. SAGARPA. Especialidad de Edafología, IRENAT. Montecillo, México. 11 p.
- GUERRERO, A. 2000. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ed. Mundi Prensa México, S.A. de C.V. Bilbao, España. 206 p.

- HOLMBERG, J. 1992. Silvicultura del *Eucalyptus*. In: Segundo taller silvícola de Eucalyptus, Bosque Nativo. 5 Noviembre. Concepción, Chile. Fundación Chile, Santiago, Chile. p. 85-95.
- INIA. 2003. Experiencias de fertilización en la zona de Pucallpa, mejoramiento de cultivos asociados con especies forestales. 12 p.
- KALLIOLA, R., PUHAKKA, M., DANJOY, W. 1993. Amazonía peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía. Finlandia: Universidad de Turku-ONERN. 265 p.
- KARAM, F., MOUNZER, O., SARKIS, F., LAHOUD, R. 2002. Yield and Nitrogen recovery of lettuce under different irrigations regimes. J. Appl. Hort. 4:70:76.
- KURTZ, V.D., FERRUCHI, M.R. 2004. Poda forestal. Instituto Nacional de Tecnología agropecuaria; Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo ; Agencia de Extensión Rural El Dorado. Cartilla técnica número 2. 16 p.
- LA TORRE, E. 2009. Evaluación dasonométrica rápida, plantación forestal – cantos de trocha carrozable Tramo Ñagazu – Churumazu. 6 p.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos; Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. Por Antonio Carrillo. Ed. Deutsche Gesellschaft fur Technise Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Cooperación Técnica. Eschborn, República federal de Alemania. 335 p.

- LANDIS, T.D. 1989. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. Volumen cuatro Fertilización y riego, Capítulo 1 Nutrientes minerales y fertilización. Washington, EEUU. 71 p.
- LUCAS, R.E., DAVIS, J.K. 1961. Relationships between pH values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. *Soil Science*. 92:177-182.
- MONTERO, G., CISNEROS, O., CAÑELLAS, I. 2003. Manual de selvicultura para plantaciones de especies productoras de madera de calidad. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Mundi-Prensa, Madrid, España. 284 p.
- MUÑOZ, C. 2005. Almacenamiento y contenido de humedad de las semillas. [En línea]: Cesaf, (<http://www.cesaf.uchile.cl/cesaf/n2/3.htm>; documentos, 27 Ene. 2014).
- MURILLO, O., CAMACHO, P. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. Departamento de Ingeniería Forestal; Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 21(2):189-206.
- MUSGRAVE, P. 2005. Oro negro; La importancia del oro negro. Tearfund International Learning Zone (TILZ). [En línea]: TILZ, (<http://tilz.tearfund.org/Espanol/Paso+a+Paso+51-60/Paso+a+Paso+54/Oro+negro+-+LA+IMPORTANCIA+DEL+ABONO.htm>, documentos, 05 May. 2013).
- PALOMINO, J., BARRA, M. 2003. Especies forestales nativas con potencial para reforestación en la provincia de Oxapampa y fichas técnicas de las

- especies de mayor prioridad. Programa Selva Central. Oxapampa, Perú. 104 p.
- PERDOMO, C., BARBAZÁN, M., DURÁN, J.M. 2000. Nitrógeno. Área de Suelos y Aguas, Cátedra de Fertilidad. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 74 p.
- PETERSON, J.C. 1981. Modify your pH perspective. *Florists' Review*. 169(4386):34-35,92,94.
- PEZO, R. 2005. Informe técnico, uso y conservación de la diversidad biológica en ecosistemas inundables de San Miguel. Iquitos, Perú, BIODAMAZ,-IIAP. 125 p.
- REYNEL, C., PENNINGTON, R., PENNINGTON, T., FLORES, C., DAZA, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonía peruana y sus usos. Lima, Perú. Edit. Tarea Gráfica Educativa. 509 p.
- ROBERTSON, G.P., VITOUSEK, P.M. 2009. Nitrogen in Agriculture: Balancing the Cost of an Essential Resource. *Annual Review of Environment and Resources*. 34:97-125.
- 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). Acassuso, Argentina. 6 p.

- SALAZAR, E., FORTIS, M., VÁZQUEZ, A., VÁZQUEZ, C. 2010. Abonos orgánicos y plasticultura. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C., Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. 233 p.
- SINCLAIR, T.R., HORIE, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. *Crop Science*. 29:90-98.
- TECNI – FENALCE. 2001. Funciones del fosforo en las plantas (Tomado de Informaciones Agronómicas, INPOFOS No. 36, 1999). Federación Nacional de Cultivadores de Cereales – FENALCE - Fondo Nacional Cerealista. 4 p.
- TISDALE, S.L., NELSON, W.L., BEATON, J.D., HAVLIN, J.L. 1993. Soil fertility and fertilizers. 5 ed. New York, U.S.A., Macmillan Publishing Company. 634 p.
- UGARTE, J. 2004. Ensayo de progenie y procedencias de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) en la cuenca del río Aguaytía, Ucayali, Perú in: V Congreso Nacional de Genética. Lima, Perú.
- VELA, F. 2005. Efecto de dos tipos de abonos orgánicos en una plantación asociada de capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth) y aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) en Tingo María. Tesis Ing. en Recursos Naturales Renovables, Mención Forestales. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 61 p.

ANEXO

Anexo 1. Datos registrados.

Cuadro 9. Datos promedios de la altura total (m) de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann, bajo fertilización.

Tratamiento	gramos de NPK	Bloque	Altura 0 meses	Altura 4 meses	Altura 8 meses	Altura 12 meses
T ₀	0	1	0.159	0.514	1.682	2.961
T ₁	35	1	0.148	0.398	1.308	2.238
T ₂	70	1	0.179	0.419	1.624	2.799
T ₃	105	1	0.174	0.377	2.889	2.557
T ₄	140	1	0.161	0.359	1.144	1.994
T ₀	0	2	0.168	0.359	1.223	2.065
T ₁	35	2	0.164	0.345	1.125	1.931
T ₂	70	2	0.158	0.252	1.268	2.064
T ₃	105	2	0.166	0.31	1.663	2.776
T ₄	140	2	0.17	0.371	1.742	2.723
T ₀	0	3	0.168	0.415	1.086	1.917
T ₁	35	3	0.188	0.44	1.423	2.846
T ₂	70	3	0.2	0.48	1.378	2.529
T ₃	105	3	0.158	0.342	1.276	2.156
T ₄	140	3	0.19	0.472	2.213	3.51

* Gramos del fertilizante Molimax 20 – 20 – 20.

Cuadro 10. Datos promedios del diámetro del tallo (cm) a 10 cm del suelo de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann, bajo fertilización.

Tratamiento	gramos de NPK	Bloque	Altura 0 meses	Altura 4 meses	Altura 8 meses	Altura 12 meses
T ₀	0	1	0.5	1.01	3.42	5.89
T ₁	35	1	0.4	0.82	2.78	4.77
T ₂	70	1	0.4	0.81	2.97	5.25
T ₃	105	1	0.5	0.84	3.06	5.19
T ₄	140	1	0.4	0.83	2.81	4.65
T ₀	0	2	0.4	0.72	2.58	4.52
T ₁	35	2	0.4	0.69	2.72	4.62
T ₂	70	2	0.3	0.52	2.23	4.05
T ₃	105	2	0.3	0.67	3.11	5.63
T ₄	140	2	0.4	0.85	3.33	5.84
T ₀	0	3	0.4	0.75	2.36	4.08
T ₁	35	3	0.4	0.73	2.67	4.72
T ₂	70	3	0.5	0.83	2.76	4.93
T ₃	105	3	0.3	0.63	2.37	4.06
T ₄	140	3	0.5	0.89	3.51	6.01

* Gramos del fertilizante Molimax 20 – 20 – 20.

Cuadro 11. Datos promedios del diámetro de copa (m) de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann, bajo fertilización.

Tratamiento	gramos de NPK	Bloque	Altura 0 meses	Altura 4 meses	Altura 8 meses	Altura 12 meses
T ₀	0	1	0.15	0.374	1.121	1.809
T ₁	35	1	0.13	0.285	0.738	1.216
T ₂	70	1	0.14	0.367	0.768	1.621
T ₃	105	1	0.16	0.353	1.087	1.476
T ₄	140	1	0.13	0.256	0.623	1.026
T ₀	0	2	0.15	0.286	0.782	1.263
T ₁	35	2	0.14	0.265	0.657	1.184
T ₂	70	2	0.14	0.216	0.658	1.339
T ₃	105	2	0.13	0.234	1.214	1.771
T ₄	140	2	0.15	0.312	1.154	1.664
T ₀	0	3	0.15	0.318	0.914	1.308
T ₁	35	3	0.16	0.341	0.886	1.627
T ₂	70	3	0.15	0.294	0.935	1.508
T ₃	105	3	0.14	0.279	0.965	1.346
T ₄	140	3	0.16	0.355	1.124	1.954

* Gramos del fertilizante Molimax 20 – 20 – 20.

Cuadro 12. Datos promedios de la mortalidad (%) de plantas de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann, bajo fertilización.

Tratamiento	gramos de NPK	Bloque	0 meses	4 meses	8 meses	12 meses
T ₀	0	1	0	1	0	0
T ₁	35	1	0	0	0	0
T ₂	70	1	0	0	0	0
T ₃	105	1	0	0	0	0
T ₄	140	1	0	2	0	0
T ₀	0	2	0	4	0	0
T ₁	35	2	0	0	0	0
T ₂	70	2	0	3	0	0
T ₃	105	2	0	3	0	0
T ₄	140	2	0	0	0	0
T ₀	0	3	0	0	0	0
T ₁	35	3	0	3	0	0
T ₂	70	3	0	0	2	0
T ₃	105	3	0	0	1	0
T ₄	140	3	0	1	0	0

* Gramos del fertilizante Molimax 20 – 20 – 20.

Cuadro 13. Análisis de varianza de la variable altura a 4 meses de la evaluación.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Bloque	0.03	2	0.02	4.96	0.0398
Tratamiento	0.01	4	2.90E-03	0.97	0.4764
Error	0.02	8	3.10E-03		
Total	0.07	14			

Cuadro 14. Prueba Duncan de la variable altura a 4 meses de la evaluación.

Tratamiento	Promedio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
T ₃	0.34	A
T ₂	0.38	A
T ₁	0.39	A
T ₄	0.4	A
T ₀	0.43	A

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

Cuadro 15. Análisis de varianza de la variable altura a 8 meses de la evaluación.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Bloque	0.29	2	0.15	0.58	0.5804
Tratamiento	0.93	4	0.23	0.93	0.4941
Error	2.01	8	0.25		
Total	3.23	14			

Cuadro 16. Prueba Duncan de la variable altura a 8 meses de la evaluación.

Tratamiento	Promedio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
T ₁	1.29	A
T ₀	1.33	A
T ₂	1.42	A
T ₄	1.7	A
T ₃	1.94	A

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

Cuadro 17. Análisis de varianza de la variable altura a 12 meses de la evaluación.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Bloque	0.21	2	0.1	0.33	0.7265
Tratamiento	0.35	4	0.09	0.28	0.8824
Error	2.49	8	0.31		
Total	3.05	14			

Cuadro 18. Prueba Duncan de la variable altura a 12 meses de la evaluación.

Tratamiento	Promedio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
T ₀	2.31	A
T ₁	2.34	A
T ₂	2.46	A
T ₃	2.5	A
T ₄	2.74	A

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

Cuadro 19. Análisis de varianza de la variable diámetro a 4 meses de la evaluación.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Bloque	0.07	2	0.04	4.11	0.0593
Tratamiento	0.05	4	0.01	1.4	0.3156
Error	0.07	8	0.01		
Total	0.2	14			

Cuadro 20. Prueba Duncan de la variable diámetro a 4 meses de la evaluación.

Tratamiento	Promedio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
T ₃	0.71	A
T ₂	0.72	A
T ₁	0.75	A
T ₀	0.83	A
T ₄	0.86	A

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

Cuadro 21. Análisis de varianza de la variable diámetro a 8 meses de la evaluación.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Bloque	0.21	2	0.1	0.63	0.5581
Tratamiento	0.58	4	0.14	0.88	0.5185
Error	1.32	8	0.17		
Total	2.11	14			

Cuadro 22. Prueba Duncan de la variable diámetro a 8 meses de la evaluación.

Tratamiento	Promedio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
T ₂	2.65	A
T ₁	2.72	A
T ₀	2.79	A
T ₃	2.85	A
T ₄	3.22	A

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

Cuadro 23. Análisis de varianza de la variable diámetro a 12 meses de la evaluación.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Bloque	0.38	2	0.19	0.33	0.7265
Tratamiento	1.26	4	0.32	0.55	0.7054
Error	4.59	8	0.57		
Total	6.24	14			

Cuadro 24. Prueba Duncan de la variable diámetro a 12 meses de la evaluación.

Tratamiento	Promedio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
T ₁	4.7	A
T ₂	4.74	A
T ₀	4.83	A
T ₃	4.96	A
T ₄	5.5	A

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

Cuadro 25. Análisis de varianza de la variable diámetro de copa a 4 meses de la evaluación.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Bloque	0.01	2	0.01	2.6	0.1347
Tratamiento	2.70E-03	4	6.80E-04	0.29	0.8751
Error	0.02	8	2.30E-03		
Total	0.03	14			

Cuadro 26. Prueba Duncan de la variable diámetro a 4 meses de la evaluación.

Tratamiento	Promedio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
T ₃	0.29	A
T ₂	0.29	A
T ₁	0.3	A
T ₄	0.31	A
T ₀	0.33	A

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

Cuadro 27. Análisis de varianza de la variable diámetro de copa a 8 meses de la evaluación.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Bloque	0.03	2	0.01	0.33	0.7273
Tratamiento	0.22	4	0.06	1.43	0.3074
Error	0.31	8	0.04		
Total	0.55	14			

Cuadro 28. Prueba Duncan de la variable diámetro a 8 meses de la evaluación.

Tratamiento	Promedio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
T ₁	0.76	A
T ₂	0.79	A
T ₀	0.94	A
T ₄	0.97	A
T ₃	1.09	A

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

Cuadro 29. Análisis de varianza de la variable diámetro de copa a 12 meses de la evaluación.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Bloque	0.04	2	0.02	0.2	0.824
Tratamiento	0.08	4	0.02	0.19	0.9386
Error	0.85	8	0.11		
Total	0.97	14			

Cuadro 30. Prueba Duncan de la variable diámetro a 12 meses de la evaluación.

Tratamiento	Promedio	Duncan ($\alpha = 0.05$)
T ₁	1.34	A
T ₀	1.46	A
T ₂	1.49	A
T ₃	1.53	A
T ₄	1.55	A

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

Anexo 2. Panel fotográfico.



Figura 9. Reconocimiento y limpieza del área de plantación (noviembre 2012).



Figura 10. Letrerización del área de plantación (noviembre 2012).



Figura 11. Establecimiento de la plantación *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schum. (diciembre 2012).



Figura 12. Mantenimiento de la plantación (diciembre 2012).



Figura 13. Medición de la altura total de plantas, a 4 meses de establecidas (abril 2013).



Figura 14. Medición del diámetro del tallo de plantas, a 4 meses de establecidas (abril 2013).



Figura 15. Medición de la altura total de plantas, a 8 meses de establecidas (agosto 2013).



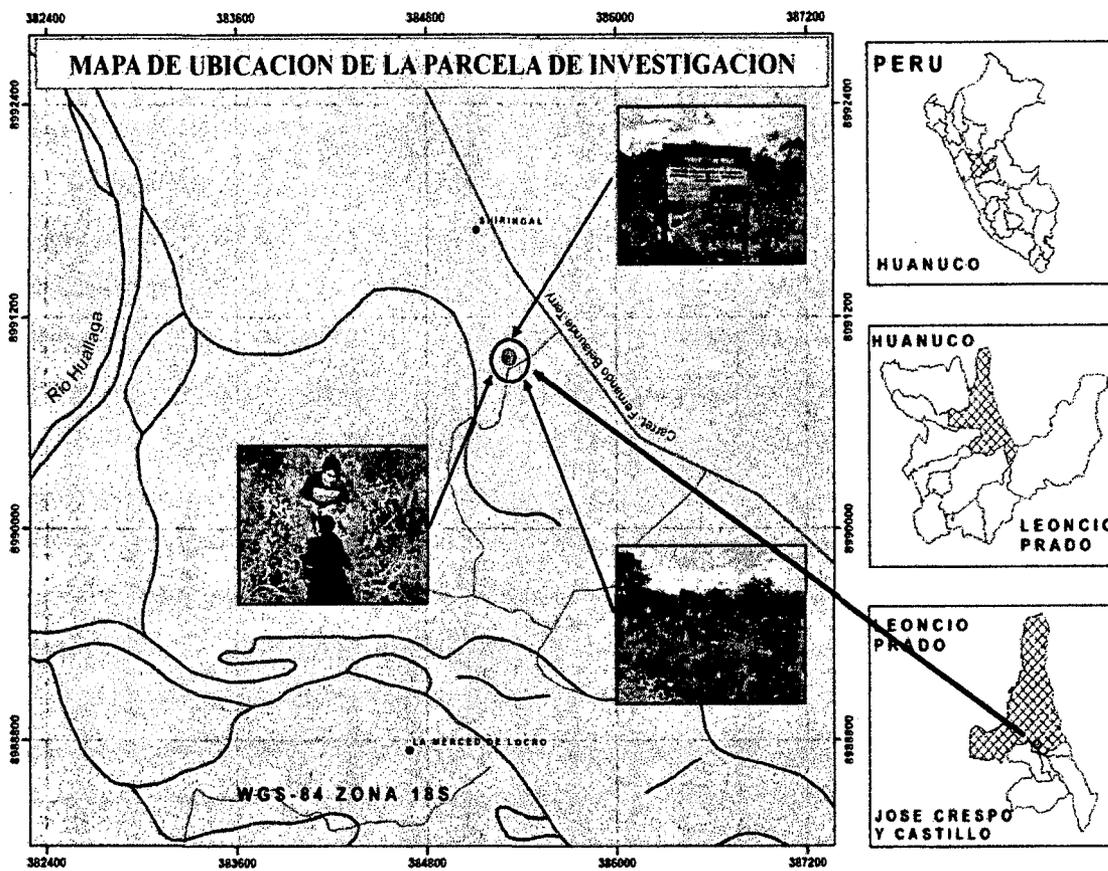
Figura 16. Medición del diámetro del tallo de plantas, a 8 meses de establecidas (agosto 2013).



Figura 17. Planta de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schum., a 12 meses (diciembre 2013).



Figura 18. Planta de *C. spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schum., a 12 meses (diciembre 2013).

Anexo 3. Mapa de ubicación de la plantación.**Figura 19. Plano de ubicación de la parcela.**

Anexo 4. Análisis de suelos de la plantación.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARIA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS DE SUELOS

Cod. Lab	DATOS DEL USUARIO		ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K ₂ O	CIC	CAMBIABLES Cmo(+)/kg					CICa	%	%	%	
			Arena	Arcilla	Limo	Textura							Ca	Mg	K	Na	Al					H
			%	%	%																	
M2974	ALVARADO RAMOS KEVIN K	TULLUMAYO	32.96	21.76	45.28	Franco	6.13	5.37	0.24	14.34	605.55	15.65	12.03	2.37	1.00	0.25	---	---	---	100.00	0.00	0.00

Fecha: Viernes, 27 de Diciembre de 2013

Recibo Nº : 359161
Muestreado por: El solicitante

[Handwritten Signature]
Ing. M.Sc. Hugo Huamán Espinosa
JEFE DE LABORATORIO
Facultad de Agronomía
Laboratorio de Análisis de Suelos
Tingo María - V1123