

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**EFFECTO DEL BIOFERTILIZANTE SUPERMAGRO EN EL
CRECIMIENTO INICIAL DEL CULTIVO DE *Plukenetia volubilis* L.**

“SACHA INCHI” EN UN SUELO DEGRADADO

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

JOSE ANTONIO GRANDEZ GONGORA

Tingo María – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 10 de Enero del 2019, a horas 4:00 p.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:


EFFECTO DEL BIOFERTILIZANTE SUPERMAGRO EN EL CRECIMIENTO INICIAL DEL CULTIVO DE *Plukenetia volubilis* L. "SACHA INCHI" EN UN SUELO DEGRADADO

Presentado por el Bachiller: **GRANDEZ GONGORA, José Antonio**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **"MUY BUENO"**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 05 de Febrero del 2019.


Ing. JAIME TORRES GARCIA
PRESIDENTE


Ing. MSc. ROBERTO OBREGON PEÑA
VOCAL


Ing. MSc. SANDRO J. RUIZ CASTRE
VOCAL




Ing. MSc JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS
Y AGUA



EFFECTO DEL BIOFERTILIZANTE SUPERMAGRO EN EL CRECIMIENTO
INICIAL DEL CULTIVO DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) EN UN
SUELO DEGRADADO

Autor : GRANDEZ GONGORA, José Antonio
Asesor : Ing. RENGIFO TRIGOZO, Juan Pablo
Programa de investigación : Ciencias básicas
Línea de investigación : Física y química de suelos
Eje temático de investigación : Manejo de abonos orgánicos
Lugar de ejecución : Vivero Las Heliconias UNAS – Tingo María
Duración del trabajo Fecha de inicio: 01/09/2016
Termino: 31/07/2017
Financiamiento : MONTO S. / 4,243.97
FEDU : NO
Propio : SI
Otros : NO

2019

DEDICATORIA

*A Dios, por brindarme la vida
y salud necesaria para poder
cumplir con todas mis metas.*

*A mis padres, Antonio y Julia, por
su apoyo incondicional y su
abnegado sacrificio, que hicieron
posible mi formación profesional.*

*A mis hermanos, por su
cariño y gratitud, que
han servido de motivación.*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), por ser mi alma mater durante los cinco años de mi formación profesional.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por su brindarme sus conocimientos y experiencias.

Al Ing. Juan Pablo Rengifo Trigozo, asesor de la investigación.

Al Ing. Andy Vela Zevallos, por el procesamiento de los datos de la presente investigación.

Al Ing. Raúl Araujo Torres, y al Sr. Carlos Cárdenas Shupingahua, por su apoyo en el vivero Las Heliconias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables.

A Liz Mendoza Muñoz, por su apoyo incondicional y su gran impulso; que fue muy importante para la culminación del presente trabajo.

A mis grandes amigos, Joe Panaifo Gómez, Peter Claudio Melchor, quienes me brindaron su apoyo durante la ejecución del proyecto de investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Aspectos generales de <i>Plukenetia volubilis</i> L. “sacha inchi”	3
2.1.1. Importancia y beneficios del cultivo	3
2.1.2. Clasificación taxonómica	4
2.1.3. Origen	5
2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos	5
2.1.5. Morfología del cultivo	6
2.1.6. Ciclo fenológico	6
2.1.6.2. Fase reproductiva	7
2.1.7. Manejo del cultivo	8
2.1.7.1. Preparación del terreno	8
2.1.7.2. Selección de semillas	8
2.1.7.3. Desinfección de las semillas.....	9
2.1.7.4. Siembra	9

2.1.7.4.1. Siembra directa	9
2.1.7.4.2. Siembra indirecta	10
2.1.7.5. Época de siembra	10
2.1.7.6. Fertilización.....	11
2.1.8. Control de malezas.....	11
2.1.9. Plagas y enfermedades	12
2.1.10. Antecedentes de trabajos realizados en <i>P. volubilis</i> L.	13
2.2. Biofertilizante supermagro.....	13
2.2.1. Antecedentes de trabajos realizados con el biofertilizante supermagro	14
2.2.2. Efectos del biofertilizante supermagro sobre las propiedades químicas del suelo	17
2.3. Propiedades químicas del suelo.....	19
2.3.1. pH del suelo	19
2.3.2. Materia orgánica	20
2.3.3. Nitrógeno en el suelo.....	21
2.3.4. Fósforo del suelo	22

2.3.5. Potasio del suelo	23
2.3.6. Zinc del suelo	24
2.3.7. Capacidad de intercambio catiónico	26
2.4. Degradación del suelo.....	28
2.4.1. Tipos de degradación del suelo	29
2.4.1.1. Degradación física	29
2.4.1.2. Degradación química	30
2.4.1.3. Degradación biológica	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1. Lugar de ejecución	32
3.1.1. Ubicación política.....	32
3.1.2. Ubicación geográfica	32
3.1.3. Características climatológicas	33
3.1.4. Zonas de vida	33
3.2. Materiales.....	33
3.2.1. Materiales de campo	33
3.2.2. Material vegetativo.....	34

3.2.3. Herramientas	34
3.2.4. Equipos	34
3.3. Metodología	34
3.3.1. Determinar el efecto de la dosis del biofertilizante supermagro en el incremento de altura y diámetro, peso fresco y seco de la parte aérea y radicular y el área foliar del cultivo de <i>P. volubilis</i> L., en un suelo degradado	34
3.3.2. Análisis del biofertilizante supermagro	35
3.3.3. Muestreo de suelo	36
3.3.4. Análisis del suelo	37
3.3.5. Selección de semillas	38
3.3.6. Desinfección de semillas	38
3.3.7. Preparación del sustrato para almácigo	38
3.3.8. Siembra en la cama almaciguera	38
3.3.9. Acondicionamiento del vivero	39
3.3.10. Preparación del sustrato	39
3.3.11. Llenado de bolsas	39
3.3.12. Repique	39

3.3.13. Labores culturales	40
3.3.13.1. Deshierbo	40
3.3.13.2. Riego	40
3.3.13.3. Control fitosanitario	40
3.3.14. Parámetros a evaluar	41
3.3.14.1. Altura de planta.....	41
3.3.14.2. Diámetro del tallo.....	41
3.3.14.3. Área foliar	41
3.3.14.4. Peso fresco y seco de la raíz.....	42
3.3.14.5. Peso fresco y seco de la parte aérea	42
3.3.14.6. Parámetros químicas del suelo.....	42
3.3.15. Tratamiento en estudio.....	42
3.3.16. Diseño experimental.....	43
3.3.17. Modelo aditivo lineal.....	44
3.3.18. Croquis del experimento	44
IV. RESULTADOS	46

4.1. Efecto de la dosis del biofertilizante supermagro en el incremento en altura y diámetro, el peso fresco y seco de la parte aérea y radicular y el área foliar de <i>Plukenetia volubilis</i> L., “sacha inchi” en un suelo degradado.	46
4.1.1. Incremento en altura (cm) de plantones de <i>P. volubilis</i> L.	46
4.1.2. Incremento en diámetro (mm) de plantones de <i>P. volubilis</i> L.	47
4.1.3. Peso seco y fresco de la raíz y de la parte aérea (g) de plantones de <i>P. volubilis</i> L.	49
4.1.4. Área foliar (cm ²) de plantones de <i>P. volubilis</i> L.	52
4.2. El efecto de la dosis del biofertilizante supermagro sobre las propiedades químicas en un suelo degradado.....	52
V. DISCUSIÓN.....	54
VI. CONCLUSIONES	63
VII. RECOMENDACIONES.....	64
VIII. ABSTRACT.....	65
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXO	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Valores promedios de biomasa en 03 variedades de <i>P. volubilis</i> L., durante los primeros 60 días de crecimiento.	8
2. Calificación de los niveles de pH del suelo.	19
3. Niveles del contenido de materia orgánica del suelo.	21
4. Niveles del contenido de nitrógeno del suelo.	22
5. Niveles del contenido fósforo en el suelo.	23
6. Niveles del contenido de potasio en el suelo.	24
7. Concentraciones de Zn en las hojas de diversos cultivos.	26
8. Niveles de la CIC para un pH mayor de 5.	27
9. Datos climatológicos durante el periodo experimental.	33
10. Métodos empleados para el análisis químico del biofertilizante supermagro. .	36
11. Métodos empleados para el análisis físico-químico del suelo.	37
12. Descripción de los tratamientos en estudio.	43
13. Esquema del análisis de varianza.	44
14. Análisis de variancia del incremento en altura (cm).	46

15. Análisis de variancia del incremento en diámetro (mm).....	47
16. Análisis de variancia del peso fresco (g) de la parte aérea.	49
17. Análisis de variancia del peso seco (g) de la parte aérea.	49
18. Valor promedio del peso seco (g) de la parte aérea, por dosis de biofertilizante supermagro (prueba de Tukey).	50
19. Análisis de variancia del peso fresco (g) de la parte radicular.	50
20. Valor promedio del peso fresco (g) de la parte radicular, por dosis de biofertilizante supermagro (prueba de Tukey).	51
21. Análisis de variancia del peso seco (g) de la parte radicular.....	51
22. Análisis de variancia del área foliar (cm ²).	52
23. Análisis inicial y final del efecto del biofertilizante supermagro sobre las propiedades químicas del suelo.	53
24. Valores promedios de altura de planta y diámetro de tallo de los plantones de <i>P. volubilis</i> L., evaluados.	74
25. Valores promedios de peso fresco y seco de la parte aérea y radicular de los plantones de <i>P. volubilis</i> L., al final de las evaluaciones.....	75
26. Valores promedios de área foliar (cm ²) de los plantones de <i>P. volubilis</i> L., al final de las evaluaciones	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Distribución de los tratamientos en estudio.....	45
2. Relación del incremento de diámetro (mm) versus el incremento de altura (cm).	48
3. Elaboración del biofertilizante supermagro.	77
4. Mezcla de los ingredientes para la elaboración del biofertilizante.....	77
5. Acondicionamiento y siembra de las semillas de <i>P. volubilis</i> L. en la cama almaciguera.	78
6. Plántulas de <i>P. volubilis</i> L., a los 17 días de siembra.	78
7. Evaluación de los parámetros biométricos durante la investigación.	79
8. Síntomas visuales de toxicidad mineral.	79
9. Verificación del desarrollo del trabajo de investigación.	80
10. Determinación del peso fresco de la parte aérea y radicular del cultivo de <i>P. volubilis</i> L.....	80

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones del vivero las Heliconias, ubicado en la Facultad de Recursos Naturales Renovables, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en la ciudad de Tingo María. El objetivo fue determinar el efecto del biofertilizante supermagro en el crecimiento inicial del cultivo de *Plukenetia volubilis* L., “sacha inchi” y sobre las propiedades químicas de un suelo degradado. Para ello se empleó el diseño completamente al azar (DCA) constituido por 07 tratamientos y 04 repeticiones. Los tratamientos estuvieron sujetos a una dosis del biofertilizante y a un determinado volumen de agua (20 L) los cuales fueron: T₀ (0 L biofertilizante/20 L), T₁ (0.1 L biofertilizante/20 L), T₂ (0.3 L biofertilizante/20 L), T₃ (0.5 L biofertilizante/20 L), T₄ (0.7 L biofertilizante/20 L), T₅ (0.9 L biofertilizante/20 L) y T₆ (1.1 L biofertilizante/20 L) divididas en aplicaciones quincenales. La evaluación de las variables fue realizada cada 15 días durante 60 d.d.t a la cama de repique, las cuales fueron: altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco y seco de la parte aérea y radicular, y área foliar. Para evaluar el efecto sobre las propiedades químicas del suelo se realizó un análisis físico-químico al inicio y al concluir la investigación; los parámetros evaluados fueron: pH, MO, N, P, K y la C.I.C. Los resultados indican que el T₁ mostró mejores promedios en cuanto al peso seco de la parte aérea, y el T₀ obtuvo el mayor peso fresco de la parte radicular. Con relación a las propiedades químicas del suelo, los resultados señalan que no existe efectos del biofertilizante supermagro en los parámetros

evaluados; a excepción de la CIC, que aumentó ligeramente su valor, debido al aumento de los cationes H^+ y Al^{3+} , pero se mantuvo en un nivel bajo.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día existen muchas alternativas para la producción orgánica, entre las que destacan como compost, bocashi, bioles, etc. Sin embargo, aún puede encontrarse productos que, por sus características y composición, podrían suponer un excelente complemento para la fertilización de los suelos con bajo potencial agrícola o con problemas de degradación, como es el caso del biofertilizante supermagro.

Un biopreparado que ha tenido mucho éxito en distintos lugares de América latina, pero que aún se desconoce sus bondades o daños en cultivos de nuestra amazonia; muchos de los cuales tienen un gran valor comercial y nutricional, sobre todo pueden desarrollarse en condiciones poco favorables para la mayoría de cultivos, como lo es la *Plukenetia volubilis* L., “sacha inchi”.

Un cultivo que debido a su rusticidad podría convertirse en una alternativa viable para su producción; sin embargo, es necesario obtener plantas de calidad desde su crecimiento inicial, para asegurar su establecimiento en campo definitivo y bajo las condiciones de suelos degradados. De este modo, se plantea la siguiente interrogante ¿El biofertilizante supermagro influirá en el crecimiento inicial del sacha inchi en un suelo degradado? de igual manera se formula la hipótesis: “La aplicación del biofertilizante supermagro en el cultivo de

Plukenetia volubilis L “sacha inchi” influye en el crecimiento inicial en un suelo degradado”. En base a lo mencionado se plantean los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto del biofertilizante supermagro en el crecimiento inicial del cultivo de *P. volubilis* L. en un suelo degradado.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la dosis del biofertilizante supermagro en el incremento de altura y diámetro, peso fresco y seco de la parte aérea y radicular y el área foliar del cultivo de *P. volubilis* L., en un suelo degradado.
- Determinar el efecto de la dosis del biofertilizante supermagro sobre las propiedades químicas como el pH, MO, N, P, K y C.I.C en un suelo degradado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales de *Plukenetia volubilis* L. “sacha inchi”

2.1.1. Importancia y beneficios del cultivo

Es una especie que comúnmente se le conoce como maní del monte, sachá maní o maní del inca. Es una planta de la amazonia peruana conocida por los nativos desde hace miles de años. Se adapta a suelos arcillosos y ácidos y se desarrolla mejor en climas cálidos. Presenta características muy favorables para la reforestación (MANCO, 2006).

Se cultiva especialmente por su alto contenido de aceites que oscila entre 49 a 54 %, además de poseer hasta un 33 % de proteínas. La proteína presenta un importante contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales; rico en vitamina A y E, contiene 562 calorías y su índice de yodo es alto llegando hasta 192. De todas las fuentes naturales, el aceite de sachá inchi tiene el mayor contenido en Omega 3. En promedio está compuesto de: 48.6 % de ácido graso esencial alfa linolénico Omega 3, 36.80 % de ácido graso esencial linoléico Omega 6 y 8.28 % de ácido oleico Omega 9 (PAITAN, s.d.).

Es un aceite de alta calidad para la alimentación y la salud. Es el mejor aceite para consumo humano doméstico, industrial, cosmético y medicina

superando a todos los aceites utilizados actualmente como: aceite de oliva, girasol, maíz, palma, maní y otros (MANCO, 2006).

Es de suma importancia el consumo de este aceite en la salud y alimentación debido a que: previene y mantiene la salud, controla y reduce el colesterol, es fundamental en la formación del tejido ocular, contribuye a mantener el equilibrio del metabolismo y además es ideal para mejorar la dieta alimenticia de los niños, jóvenes y adultos; recuperación de enfermos, especial en la dieta de la tercera edad (PAITAN, s.d.).

2.1.2. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del cultivo según (ARÉVALO, 1996), es de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
División	: Spermatophyta
Subdivisión	: Angiospermae
Clase	: Dicotiledónea
Orden	: Euphorbiales
Familia	: Euphorbiaceae
Género	: <i>Plukenetia</i>
Espécie	: <i>P. volubilis</i> Linneo.

2.1.3. Origen

El sachá inchi es una especie propia de la amazonia peruana y se encuentra distribuida en las regiones de Loreto, San Martín, Amazonas, Junín, Ucayali, Madre de Dios y el Cuzco, registrándose especies como: *Plukenetia volubilis* L., *P. lorentensis* Ulei, *P. brachybotrya* M. Arg. (Galluser, 2005 citado por MANCO, 2006).

2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos

Los mejores suelos son los de textura media (franco-arcillo-arenosa, franco-arcillosa y franco-arenosa). Los suelos menos apropiados son los muy arcillosos o muy arenosos. Es una planta agrónomicamente rústica de poca exigencia nutricional, crece en suelos con (pH 5.5 – 7.8) y con alta concentración de aluminio; tiene buen comportamiento a diversas temperaturas que caracterizan a la amazonía peruana (mínimo 10 °C y máximo 36 °C). Las temperaturas muy altas son desfavorables y ocasionan la caída de flores y frutos pequeños, principalmente los recién formados. A bajas intensidades de luz, la planta necesita de mayor número de días para completar su ciclo vegetativo. Crece desde los 100 m.s.n.m en la selva baja y 2000 m.s.n.m en la selva alta (MANCO, 2006).

Es una planta que requiere de disponibilidad permanente de agua, para tener un crecimiento sostenido; siendo mejor si las lluvias se distribuyen en forma uniforme durante los 12 meses (850 a 1000 mm). Períodos relativamente prolongados de sequía o de baja temperatura, causan un crecimiento lento y dificultoso. El exceso de agua ocasiona daño a las plantas e incrementa los daños

por enfermedades. Una alta humedad relativa con fuertes precipitaciones pluviales condiciona un desarrollo vigoroso de la planta, aunque puede resultar propicio para la proliferación de enfermedades (MANCO, 2006).

2.1.5. Morfología del cultivo

Es una planta trepadora, voluble, semileñosa, de crecimiento indeterminado. Sus hojas son alternas, de color verde oscuro. El ápice es puntiagudo y la base es plana y semiarriñonada. Las flores masculinas son pequeñas, blanquecinas, dispuestas en racimo. Las femeninas se encuentran en la base del racimo y se ubican lateralmente de una a dos flores. Los frutos son cápsulas de 3.5 a 4.5 cm de diámetro, con 4 lóbulos aristados (tetralobados). Dentro de la cápsula se encuentran 4 semillas. Algunas plantas presentan cápsulas con 5 a 9 lóbulos. Las semillas en la mayoría de los ecotipos, es ovalada, de color marrón oscuro, ligeramente abultada en el centro y aplastada hacia el borde. Su diámetro fluctúa entre 1.3 y 2.1 cm (MANCO, 2006).

2.1.6. Ciclo fenológico

El tiempo que transcurre desde el momento de la siembra de las semillas hasta la obtención de frutos maduros es de 220 a 230 días. Este ciclo fenológico se divide en dos fases:

2.1.6.1. Fase vegetativa

Durante esta fase los fenómenos que transcurren son la germinación y se extiende hasta la etapa de prefloración, incluyendo la formación de raíz, tallo y

hojas; esta etapa dura aproximadamente de 90 días. Una semana después de la germinación, aparece la segunda hoja verdadera y el tallo guía. Cuando se siembra en semillero una semana después de germinación es el momento más apropiado para el traslado a sitio definitivo. Es una planta de rápido crecimiento, pero para que se desarrolle de manera rápida requiere de tutores para enredarse y extenderse. Si se encuentran estas condiciones se desarrolla una gran cantidad de ramas y hojas. Tiene crecimiento vegetativo, floración y fructificación continua durante todo el año, aunque en las épocas de máxima precipitación su productividad biológica es menor (GÓMEZ, 2004).

2.1.6.2. Fase reproductiva

Esta fase comprende desde el inicio de la formación de las estructuras florales, hasta el desarrollo y obtención de los frutos maduros. Esta fase tiene una duración aproximadamente de 120 días que se encuentra distribuida entre brote inicial de inflorescencia, diferenciación de flores masculinas y femeninas, formación de frutos y maduración de frutos. El período que va desde el inicio de formación de los racimos florales hasta la diferenciación completa de las flores masculinas y femeninas es de 20 a 25 días. Generalmente es abundante la oferta de las flores en la planta, pero, sin embargo, suele presentarse una pérdida bastante alta de flores femeninas, por lo que la fructificación está muy por debajo del potencial floral. El desarrollo de los frutos es aproximadamente de 30 días al final de los cuales se inicia la fase de maduración. Ocasionalmente se presenta caída temprana de frutos pequeños. Este período de maduración de los frutos tiene una duración media de 25 a 30 días. El fruto maduro adquiere un color

marrón, y se puede diferenciar perfectamente cada una de las cápsulas en las que se localizan las semillas de manera individual (GÓMEZ, 2004).

Cuadro 1. Valores promedios de biomasa en 03 variedades de *P. volubilis* L., durante los primeros 60 días de crecimiento.

Variedad	Altura (cm)	Diámetro (mm)	P. seco parte aérea (g)	P. seco de la raíz (g)	Área foliar (cm)
INCA-1	57.27	9.5	14.1	4.4	419
CATIO-2	66.88	11.1	17.3	3.1	503
NUKAK-3	49.09	8.1	32.3	2.5	985
Prom.	57.75	9.5	21.23	3.33	635.67

Fuente: AYALA, 2016.

2.1.7. Manejo del cultivo

2.1.7.1. Preparación del terreno

Para la preparación del terreno, se debe cortar toda la vegetación baja y media, y limpiar el terreno dejando las estacas que sirven como tutores. No se recomienda hacer quemas, pues de esta manera se degradan los suelos. También el macheteo de purmas bajas como adición de materia orgánica y como cobertura, para evitar la proliferación de maleza y, de este modo, disminuir el riesgo de erosión (PROYECTO PERUBIODIVERSO, 2009).

2.1.7.2. Selección de semillas

Es necesario seleccionar semillas de frutos maduros de las mejores plantas que tengan alta producción y no presenten problemas de plagas ni

enfermedades. Las plantas seleccionadas para la cosecha deben tener al menos seis meses en producción. Los granos que se van a usar como semillas deben provenir de frutos cosechados y no ser recogidos del suelo (PROYECTO PERUBIODIVERSO, 2009).

2.1.7.3. Desinfección de las semillas

Antes de proceder a la siembra es necesario desinfectar las semillas, a fin de prevenir o controlar enfermedades fungosas que afectan la raíz de la planta. La desinfección consiste en impregnar las semillas con un fungicida e insecticida disueltos en agua, en forma de una pasta acuosa en donde se mezclan las semillas hasta que los productos queden uniformemente impregnados. Manco (2006), citado por DOSTERT *et al.*, (2009).

2.1.7.4. Siembra

Se puede realizar dos tipos de siembra: directa e indirecta.

2.1.7.4.1. Siembra directa

En el método de propagación sexual, la semilla puede sembrarse directamente en el campo o en un vivero. En la siembra directa se colocan 2 semillas por hoyo y posteriormente se elimina la planta más débil. Cuando las plantas están pequeñas se les debe proporcionar un poco de sombra. La germinación es a partir de los 14 a 16 días. La siembra en vivero puede realizarse previamente en almácigos, distribuyendo las semillas en línea, a una profundidad de 3 cm y a una distancia de 10 cm entre sí. Una vez alcanzado el estado de

plántula con sus 2 hojas verdaderas se hace el repique o traslado de las más vigorosas a las bolsas plásticas de 10 x 20 cm, conteniendo tierra negra de bosque. Aquí se mantienen por un período de un mes, para luego ser trasladadas a campo definitivo para su trasplante, transcurriendo aproximadamente 45 días desde el almácigo a trasplante (ARÉVALO, 1996).

2.1.7.4.2. Siembra indirecta

El trasplante se realiza a raíz desnuda durante el inicio del período lluvioso, necesitándose almacigar 2 kg/ha. El trasplante se debe hacer cuando se observa en las plántulas el tallo guía, aproximadamente a los 12 - 15 días después de la germinación. Entre almácigo a trasplante transcurre aproximadamente 25 a 30 días (1 mes). Para efectuar el trasplante, es conveniente realizar en el terreno hoyos de 30 x 30 x 30 cm, en los cuales se colocan las plántulas; previamente se retira la bolsa de plástico que la envuelve, evitando que se desmorone el sustrato que rodea a la raíz. El plantón se instala en el hoyo de tal manera que el nivel del cuello de la planta quede al ras del suelo, colocándose la tierra superficial u orgánica en el fondo, hasta que se consiga la altura ideal aproximadamente 30 cm, y se proceda al llenado de éste usando 100 g de superfosfato triple de calcio, en mezcla con la tierra y haciendo ligeras presiones en el suelo para no dejar espacios vacíos (ARÉVALO, 1996).

2.1.7.5. Época de siembra

La siembra está condicionada al régimen de lluvias. Generalmente, se siembra al inicio de las lluvias para garantizar una buena germinación. En

siembras directas la plantación debe instalarse entre diciembre y marzo. La siembra indirecta (en vivero) debe realizarse entre los meses de noviembre y febrero. En zonas de altitudes superiores a los 800 m y/o con precipitaciones superiores a 1500 mm/año, se recomienda sembrar entre los meses de abril y junio y de octubre a diciembre, períodos que coinciden con el inicio y el final de las lluvias (MANCO, 2006).

2.1.7.6. Fertilización

La aplicación de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio, son importantes y deben aplicarse al suelo; y elementos menores como zinc, manganeso, boro y cobre para lo cual se debe realizar un previo análisis de suelos para hacer las correcciones del mismo. También se recomienda el uso de abonos orgánicos como guano de isla, compost, bioles, bioestimulantes, entre otros (MINAGRI, 2012).

La dosis que se recomienda para la aplicación de biol es de 3 a 6%; es decir, se puede aplicar de 0.6 a 0.12 litros por cada 20 litros de agua. Se recomienda aplicar el biol cada 30 a 45 días (PROYECTO PERUBIODIVERSO, 2009).

2.1.8. Control de malezas

Las malezas, particularmente las gramíneas, compiten fuertemente con las plantas de sachá inchi, especialmente cuando la plantación está en la fase de crecimiento. Su control es necesario para evitar la competencia por luz, agua y

nutrimentos. Cuando la planta ha formado su sistema radicular, se debe evitar el uso de azadón o lampa, empleándose solamente herramientas como machetes. Las asociaciones con cultivos que poseen diferentes hábitos de crecimiento permiten evitar que una maleza se propague año tras año, en el mismo campo (ARÉVALO, 1996).

2.1.9. Plagas y enfermedades

Debido a que el cultivo de *Plukenetia volubilis* L., está en proceso de expansión, son pocas las plagas que se han detectado causándole daño. Entre ellas se encuentran las larvas comedoras de hojas, insectos chupadores de fruto en su estado lechoso, *Formica sp* “hormiga” y *Grillotalpa sp* “grillo topo”; éste último ataca al cultivo en su etapa inicial de desarrollo vegetativo, cortando a la planta en el cuello. Si el grillo topo ataca a plantas muy pequeñas éstas no se recuperan, pero si ataca a plantas que tienen el cuello de regular grosor, vuelven a brotar; de igual forma, las hormigas constituyen ligeros problemas, especialmente al inicio de la plantación. Por ello es importante realizar un buen control de plagas en esta etapa del cultivo, evitándose de esta manera la labor de recalce o resiembra (MANCO, 2006).

Las plantas atacadas por nemátodos se atrofian y presentan entrenudos cortos, hojas pequeñas, luego se vuelven cloróticas. Asimismo, estos parásitos ingresan a las raíces produciendo heridas por donde fácilmente penetran los hongos como las del género *Fusarium sp* y *Macrophomina sp*, dañando los tejidos y produciendo la pudrición total de las raíces, causando finalmente la

muerte de las plantas. Las plantas enfermas muestran primero un amarillamiento, luego una severa defoliación (ARÉVALO, 1996).

2.1.10. Antecedentes de trabajos realizados en *P. volubilis* L.

El trabajo de investigación realizado por (DIAZ *et al.*, 2014) en el que evaluó el efecto de dos tutores y cinco tipos de biofertilizantes en el crecimiento y desarrollo de *P. volubilis* L., en un suelo de baja fertilidad con parcelas que se dividieron en dos, siendo las parcelas principales dos sistemas de tutor y las sub parcelas cinco tipos de biofertilizantes. Los cinco biofertilizantes fueron: biol (T₅ y T₁₁), biol mas frutos de *Solanum torvum* “tomatillo” (T₁ y T₇), biol más hojas de *Carica papaya* “papaya” (T₂ y T₈), biol más hojas de *Cymbopogon citratus* “hierba luisa” (T₃ y T₉), biol más hojas de *Chondrodendron tomentosum* “curare” (T₄ y T₁₀), más un testigo (T₁₂). Las dosis de aplicación fueron de 15 L/ha⁻¹, divididas en aplicaciones quincenales a razón de 1.5 L/ha⁻¹ en campo definitivo, las evaluaciones fueron realizadas cada quince días durante 5 meses. Los resultados indican que con los tratamientos T₄ y T₈ se redujeron los días para la fructificación, lográndose el mayor número de frutos con los tratamientos T₄, T₉ y T₁₀, mejorando la productividad de plantas de *P. volubilis* L.

2.2. Biofertilizante supermagro

El supermagro es proveniente de la fermentación anaeróbica de la materia orgánica de origen animal y vegetal que resulta en un líquido oscuro utilizado en pulverización foliar complementaria a la fertilización del suelo, como fuente de micronutrientes. Actúa también como defensa natural por medio de

bacterias benéficas, principalmente *Bacillus subtilis*, que inhibe el crecimiento de hongos y bacterias causadores de dolencias en cultivos como maca, uva, tomate, papa y hortalizas en general. Pedini (2000), citado por BONATTO (2011).

Entre los ingredientes básicos del biofertilizante supermagro están: agua, estiércol animal, mezcla de sales minerales (micronutrientes), residuos animales, melaza y leche. Los ingredientes minerales utilizados en la producción del biofertilizante supermagro son el sulfato de zinc, sulfato de magnesio, fosfato bicálcico, molibdato de sodio, sulfato de cobalto, sulfato ferroso, sulfato de manganeso, sulfato de cobre, cloruro de calcio, bórax, fosfato natural y cenizas. Burg y Mayer (2002), citado por BONATTO, (2011).

2.2.1. Antecedentes de trabajos realizados con el biofertilizante supermagro

(PAVINATO *et al.*, 2008) evaluó las dosis y tiempos de aplicación de supermagro en *Zea mays* “maíz” y *Glycine max* “soja”. Para los dos experimentos se evaluaron masa seca de maíz que aumentó ligeramente con la aplicación de supermagro, pero los cambios no difirieron estadísticamente. Las dosis de 3 y 6% de supermagro mostraron los mejores resultados, ya que más del 12 % parece haber afectado a la producción de materia seca negativamente, una hipótesis es que esta dosis habría causado toxicidad para las plantas. La producción de materia seca se vio afectada negativamente por el aumento de la concentración foliar de supermagro porque todas las dosis promovieron reducción en el peso

seco, especialmente 24 % de concentración, en donde la reducción fue significativa.

(GONZÁLEZ *et al.*, 2015) evaluó la aplicación de supermagro en el cultivo de *Citrullus lanatus* “sandía”, con diferentes tipos de abonos (supermagro al 10 %, supermagro al 30 %, fertilizante químico - Agrimins y un testigo) demostró que la aplicación del abono orgánico supermagro al 30 % influye en las características agronómicas de altura de planta, engrosamiento del tallo y fructificación, por lo que concluye que el biofertilizante supermagro responde en las etapas fisiológicas del cultivo.

BONATTO (2011) evaluó la aplicación de distintas concentraciones del biofertilizante supermagro y la influencia de la fertilización química en la producción de plántones de *Eucalyptus dunnii* Maiden “eucalipto”. Pudo concluir que los plántones abonados con biofertilizante supermagro con concentraciones inferiores o iguales al 5 % no alcanzaron los valores medios de altura y diámetro de recolección para cumplir con los estándares de calidad recomendados. Sin embargo, los plántones abonados con supermagro en concentraciones de 10, 15 ó 20 %, de 14 en 14 días, atienden a los estándares recomendados de altura y diámetro de recolección, a pesar de que éstos fueron inferiores a los plántones que recibieron fertilización química. A partir de estos resultados, las concentraciones de 10, 15 o 20 % de supermagro aplicadas a intervalos de 7, 14 o 28 días podrían ser utilizadas como una alternativa viable a la fertilización química.

(PEDRAZA *et al.*, 2011) evaluó el crecimiento y la productividad de plantas de *Thymus vulgaris* “tomillo”, *Rosmarinus officinalis* “romero” y *Origanum vulgare* “orégano”, con un abono líquido de estilo supermagro. Se evaluaron tres concentraciones de aplicación: 2.5, 5 y 10 % (0.5, 1 y 2 L). Los análisis químicos revelaron una elevada concentración de elementos menores que ocasionó toxicidad en las plantas, expresada a través de la aparición de síntomas y disminución de crecimiento. También se reportó una baja concentración de elementos mayores, especialmente nitrógeno. Respecto al peso fresco y el peso seco de la parte aérea en las tres especies, no se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones probadas, ni frente a lo obtenido en el testigo; por lo que propone aplicar este biofermento de manera edáfica, a la menor concentración (2.5 % ó 0.5 L) sin la adición de elementos menores; y como complemento una fertilización orgánica rica en macronutrientes, especialmente nitrógeno.

HOYOS (2016) evaluó dos métodos de aplicación de supermagro (foliar y en drench), sobre almácigos de *Coffea arabica* “café”. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, peso seco total y como variables complementarias: peso seco raíz y peso seco parte aérea. Para las variables peso seco total y peso seco de la parte aérea, se presentaron diferencias significativas en los métodos de aplicación foliar y en drench, con respecto al testigo, teniendo una respuesta negativa para el desarrollo de las plantas, además, con la aplicación foliar se obtuvo el menor peso seco total. Para las dosis de aplicación se obtuvo una diferencia altamente significativa en las dosis de 0.5 y 1 L, con

respecto al testigo, siendo la dosis de 1L la que mostró un menor valor para ambas variables. Para las variables altura de la planta y peso seco de la raíz no se presentaron diferencias significativas. Con este trabajo se demostró que la utilización del supermagro no es recomendable especialmente cuando se aplica en forma foliar o en drench y las dosis altas afectan el crecimiento de las plantas en etapa de almácigo, demostrando que las aplicaciones foliares no son efectivas.

(SILVA *et al.*, 2011) evaluó la influencia de diferentes niveles del biofertilizante supermagro sobre las variables de crecimiento de las plantas de *Phaseolus sp* "frijol blanco". Los parámetros evaluados fueron: altura de la planta, diámetro caulinar, número de hojas y área foliar. Los tratamientos fueron: 0 % (testigo), 5 %, 10 %, 15 %, 20 % y 25 % de biofertilizante aplicados en el cuello de la planta con 150 ml/hoyo, cada 15 días, a partir de la emergencia de las plántulas hasta los días 45 días. Los resultados llevaron las siguientes conclusiones: para la variable altura de las plantas no debe aplicarse una dosis de biofertilizante superior al 10 %; no hubo influencia de los diferentes niveles de biofertilizante sobre el diámetro caulinar y el área foliar de las plantas; y, además, el aumento de los niveles de biofertilizante, promovió un aumento en el número de hojas por planta.

2.2.2. Efectos del biofertilizante supermagro sobre las propiedades químicas del suelo

RESTREPO (2009) menciona que los efectos que se pueden lograr con la aplicación de los biofertilizantes en el suelo son:

- El mejoramiento diversificado de la nutrición disponible del suelo para las plantas.
- El desbloqueo diversificado de muchos nutrimentos que no se encuentran disponibles para los cultivos.
- El mejoramiento de la biodiversidad, la actividad y la cantidad microbiológica (ecoevolución biológica del suelo).
- El mejoramiento de la estructura y la profundidad de los suelos.
- Aumento de la capacidad del intercambio catiónico (CIC).
- Aumento de la asimilación diversificada de nutrimentos por parte de las plantas.
- Estimulación precoz en la germinación de semillas y aumento del volumen radicular de las plantas.
- Aumento de la microdiversidad mineral del suelo disponible para las plantas.
- Aumento de la resistencia de las plantas contra el ataque de enfermedades principalmente de las raíces.
- Mejoran la bioestructuración del suelo y la penetración de las raíces hasta las capas más profundas.
- Estimulan las rizobacterias como promotoras del crecimiento de las plantas y de la bioprotección.

2.3. Propiedades químicas del suelo

2.3.1. pH del suelo

La escala del pH va desde valores de 0 a 14, pero en los suelos se han encontrado valores entre 3.5 y 10. Los suelos con pH inferiores a 4.5 presentan óxidos de hierro, aluminio y otros óxidos metálicos (FASSBENDER, 1987).

Cuadro 2. Calificación de los niveles de pH del suelo.

Calificación	Valor
Extremadamente ácido	< 4.5
Fuertemente ácido	4.5 - 5.5
Medianamente ácido	5.6 – 6
Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Medianamente básico	7.4 - 7.8
Básico	7.9 - 8.4
Ligeramente alcalino	8.5 – 9
Alcalino	9.1 – 10
Fuertemente alcalino	> 10

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), 1998.

El pH óptimo para el desarrollo de las plantas esta dado entre los valores de pH de 6.5 y 7.5; pH mayores o menores a este rango traerán consigo problemas por toxicidad. Los que presentan pH menores o igual a 5.0, indican que

tienen deficiencia en elementos como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ o como también pueden tener efectos que estén volviendo tóxico al suelo como Zn^{2+} , Al^{3+} , Ni^{2+} , etc. (FASSBENDER, 1994).

La acidez en los suelos afecta las características químicas y biológicas, que reducen el crecimiento de las plantas, tales como la disminución en la disponibilidad de nutrientes como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y P, y la proliferación de elementos como el Al^{3+} y Mn que en cantidades altas pueden ser tóxicos para las plantas (MOLINA y ROJAS, 2005). Un factor limitante en los suelos ácidos de la selva, es el alto contenido de aluminio y un bajo pH, por lo que hace indispensable realizar encalados o corrección del pH (OSORIO, 2006).

Los suelos ácidos presentan una baja capacidad de intercambio de cationes, bajo porcentaje de saturación de bases, alta concentración de Al^{3+} intercambiable, baja disponibilidad de P, Ca^{2+} , Mg^{2+} y algunos micro nutrientes que ocasionan toxicidad en las plantas debida al Al^{3+} y al Mn (QUIROS y GONZÁLES, 1979).

2.3.2. Materia orgánica

La materia orgánica del suelo amortigua el pH del suelo en los límites entre ligeramente ácido, neutro y alcalino; causado por la adición de enmiendas y/o fertilizantes, además sirve como depósito de elementos químicos para el desarrollo de las plantas (BOHN, 1993).

Cuadro 3. Niveles del contenido de materia orgánica del suelo.

Nivel	Contenido (%)
Bajo o pobre	menos de 2
Medio	2.0 - 4.0
Alto o rico	mayor de 4

Fuente: JACKSON, 1982.

Contribuye a la productividad del suelo y actúa como depósito de nutrientes. Reduce los efectos de compactación, contribuye a mejorar la estructura del suelo y aumento la tasa de infiltración de agua y la tolerancia a los efectos nocivos de los herbicidas y otros biocidas, además es fuente de energía y nutrientes para los organismos del suelo (GOMERO y VELÁSQUEZ, 1999).

2.3.3. Nitrógeno en el suelo

El nitrógeno se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+), puede encontrarse en muy diversos estados de oxidación y reducción. Entre las ganancias de nitrógeno en el suelo se pueden considerar las fijaciones (eléctricas, biológicas e industriales), los abonos de origen orgánico (estiércoles) y los residuos de cosecha, las pérdidas de nitrógeno más significativas son: la volatilización, desnitrificación, fijación de amonio, lixiviación y extracción por los cultivos (NAVARRO, 2003). En este último, el cultivo de sachá inchi es capaz de necesitar hasta 72.06 kg N/ha, en suelos ácidos, durante todo su desarrollo

vegetativo, siendo el fruto uno de los órganos con mayor almacenamiento de nutrientes (33.35 kg N/ha) (BALTA *et al.*, 2015).

Cuadro 4. Niveles del contenido de nitrógeno del suelo.

Nivel	Contenido (%)
Bajo	menos de 0.1
Medio	0.1 - 0.2
Alto	mayor de 0.2

Fuente: JACKSON, 1982.

Un aspecto muy importante con respecto al comportamiento del nitrógeno en el suelo, es su relación con el pH, cuando del amonio pasa a nitrato (nitrificación), se liberan iones H^+ lo que genera acidez en el suelo, por esta razón, la mineralización de la materia orgánica y el suministro de fuentes de nitrógeno amoniacales, incrementa la acidez, si la planta no absorbe el amonio directamente (ZAVALETA, 1992).

2.3.4. Fósforo del suelo

La mayor parte del fósforo presente en los suelos no es aprovechable por las plantas, debido a su gran insolubilidad; y que el elemento, para que pueda ser asimilado, es necesario que se encuentre como HPO_4 o $H_2PO_4^-$ en la disolución del suelo. Asimismo, la asimilación del fósforo por las plantas sería normal a pH bajos, es decir, cuando la disolución del suelo presentara una acidez notable, ya que la forma $H_2PO_4^-$ es la más asimilable (NAVARRO, 2003).

Cuadro 5. Niveles del contenido fósforo en el suelo.

Nivel	Fósforo (ppm)
Muy bajo	menos de 5
Bajo	5.1 – 15
Normal	15.1 – 30
Alto	30.1 – 40

Fuente: JACKSON, 1982.

La única entrada de este elemento al sistema proviene del agregado de fertilizantes fosfatados, mientras que las salidas pueden ser por erosión, escurrimiento, lixiviación y extracción en los granos cosechados (NAVARRO, 2003). Para el cultivo de sachá inchi, esta especie puede llegar a consumir 64.32 kg P/ha, siendo el tallo y el fruto los órganos con mayor acumulación de P (5.6 kg P/ha y 5.01 kg P/ha, respectivamente) (BALTA *et al.*, 2015).

2.3.5. Potasio del suelo

El potasio es uno de los tres nutrientes minerales que necesitan las plantas en mayor cantidad. Las plantas absorben el potasio que se encuentra en la solución del suelo en forma de catión K^+ . La cantidad de K en la solución del suelo está en función de la liberación del potasio intercambiable, generalmente localizado alrededor de las partículas de arcilla. Los cultivos extraen grandes cantidades de potasio del suelo para su crecimiento y desarrollo y como es de

esperarse, la falta de este elemento, influye negativamente en el rendimiento y calidad del cultivo (GOMERO y VELÁSQUEZ, 1999).

Cuadro 6. Niveles del contenido de potasio en el suelo.

Nivel	Potasio K₂O/ha (ppm)
Muy bajo	menos de 300
Bajo	300 – 600
Alto	Más de 600

Fuente: JACKSON, 1982.

La absorción de K es alta a temperaturas que oscilan los 25° C, debido a su mejor difusión en el suelo, asimismo, durante la meteorización el K es liberado a la solución del suelo, de donde lo absorben la plantas, preferentemente en la forma de ion K⁺. En cambio, en las regiones húmedas es mayor la remoción del K del perfil del suelo, siendo mayor su concentración en los horizontes subsuperficiales, no obstante, que esta variación en el contenido de potasio está influenciada por la intensidad de las pérdidas: lixiviación, erosión y extracción de cultivos (NAVARRO, 2003). En *Plukenetia volubilis* L., son los tallos y las hojas las que pueden llegar a acumular 22.44 y 22.83 kg K/ha, durante todo su desarrollo (BALTA *et al.*, 2015).

2.3.6. Zinc del suelo

El zinc es absorbido principalmente en forma Zn²⁺ o en condiciones de pH alto, como ZnOH⁺. Del contenido total de zinc, solo el que está en la solución del suelo y el que puede ser fácilmente desadsorbido es disponible para las

plantas, pero también es fácilmente lixiviado como sucede en los suelos tropicales. La disponibilidad de Zn se reduce al incrementar el pH, esto es muy notorio en particular después de un pH mayor de 7.4, debido a un incremento en la capacidad de adsorción, presencia de formas hidrolizadas de Zn y una posible adsorción por el carbonato de calcio. Por esta razón, los suelos alcalinos y calcáreos tienden a presentar con mayor frecuencia deficiencias de Zn. La materia orgánica del suelo constituye a mejorar la disponibilidad del Zn al formar complejos orgánicos móviles que la planta puede absorber. Por el contrario, su disponibilidad disminuye con altos niveles de fósforo y cobre. Otros factores que han contribuido a agravar el problema de Zn son el uso de fertilizantes cada vez más puros, experiencias de mayores potenciales de rendimiento de los cultivos y el no incluir este micronutriente en los planes de fertilización (INTAGRI, 2017).

El zinc es un micronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, sin embargo, se convierte en un elemento tóxico cuando se encuentra en exceso. La cantidad de zinc que éstas necesitan para crecer y desarrollarse adecuadamente es muy pequeña: oscila entre 15 y 20 mg/kg de tejido seco; estos valores representan menos de 0.1% del peso seco total del tejido. La absorción y acumulación de grandes cantidades de zinc resulta tóxica para las plantas porque ocasiona un desbalance metabólico generalizado en sus células. Los síntomas visibles asociados a niveles excesivos de zinc en los tejidos y órganos de las plantas son: la disminución de frutos y semillas, un crecimiento atrofiado y el amarillamiento de las hojas debido al fenómeno de clorosis (AMEZCUA y LARA, 2017).

Cuadro 7. Concentraciones de Zn en las hojas de diversos cultivos.

Cultivo	Deficiencia	Suficiencia	Exceso
	(ppm)		
Soya	< 15	21 - 50	> 75
Trigo	< 18	19 - 70	> 100
Avena	< 5	21 - 70	> 100
Alfalfa	< 10	21 - 70	> 100
Maíz	< 15	26 - 75	> 150
Arroz	< 20	21 - 160	> 250
Algodón	< 25	51 - 300	> 400

Fuente: Schulte (2004), citado por (AMEZCUA y LARA, 2017).

Los síntomas de toxicidad por exceso de Zn en las plantas aparecen, por lo general, cuando las hojas presentan concentraciones mayores a 300 miligramos por kilogramo de tejido. En condiciones 4000 veces excesivas de Zn se inhibe por completo el desarrollo de la parte aérea (es decir, el tallo y las hojas) de las plántulas. Es por eso que un análisis de tejido va a permitir determinar a profundidad efectos tóxicos a causa de Zn (AMEZCUA y LARA, 2017).

2.3.7. Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo es la cantidad total de cargas negativas que están disponibles en la superficie de las partículas del suelo, principalmente en las arcillas y en la materia orgánica (MO). Estos parámetros son indicadores de fertilidad en los suelos, razón por la que es

relevante determinar si se encuentra en cantidades y a la profundidad idónea para las plantas (GOMERO y VELÁSQUEZ, 1999).

Cuadro 8. Niveles de la CIC para un pH mayor de 5.

Nivel	CIC (meq/100 g de suelo)
Bajo	menos de 12
Medio	12- 20
Alto	mayor de 20

Fuente: JACKSON, 1982.

Los cationes de mayor importancia con relación al crecimiento de las plantas son el Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ , Na^+ e H^+ . Los primeros cuatro son nutrientes y se encuentran involucrados directamente con el crecimiento de las plantas. El sodio y el hidrógeno tienen un pronunciado efecto en la disponibilidad de los nutrientes y la humedad. En los suelos ácidos, una gran parte de los cationes son hidrógeno y aluminio en diversas formas (ARVILDO, 2009).

También contribuyen a la CIC las clases, cantidades y combinaciones de los minerales arcillosos y las cantidades de materia orgánica y su estado de descomposición. Los cationes no son retenidos con las mismas energías de enlace; los sitios de intercambio de la materia orgánica, solo enlazan en forma débil a los cationes. Las arcillas con gran capacidad de intercambio tienden a enlazar los cationes bivalentes como el Ca^{2+} y el Mg^{2+} , con más energía que el K^+ (ARVILDO, 2009).

Los suelos con arcillas caolinitas tienen una menor energía de enlace y, por lo tanto, para un nivel analítico determinado o un porcentaje de saturación de un elemento se mostrara una disponibilidad relativa mayor. Si la CIC esta neutralizada principalmente por calcio, magnesio, potasio y sodio, se dice que está saturada de bases. Sin embargo, si los cultivos o el lixiviado han removido la mayor parte de los cationes básicos, el suelo está bajo en saturación de bases o alto en saturación acida. Las cantidades totales de cationes ácidos relativas a la CIC son una medida de la saturación acida. Desde un punto de vista práctico el valor de más utilidad es la CIC efectiva (CICe). Esta se obtiene sumando las bases y el aluminio e hidrógeno cambiante. Este valor refleja mejor las condiciones de intercambio catiónico en suelos ácidos (GOMERO y VELÁSQUEZ, 1999).

2.4. Degradación del suelo

La degradación del suelo se define como un declive temporal o permanente en la capacidad de producción del mismo. También puede definirse como la pérdida de utilidad actual o potencial, pérdida de la fertilidad del suelo, pérdida de cualidades intrínsecas y de funciones del suelo (PORTA y LÓPEZ, 2005).

La degradación del suelo es la consecuencia directa de la utilización por el hombre, bien como resultado de actuaciones directas como agrícola, forestal, ganadera, uso de agroquímicos y riego, o por acciones indirectas, como son las actividades industriales, eliminación de residuos, transporte, etc (ORTIZ *et al.*, 1994).

2.4.1. Tipos de degradación del suelo

2.4.1.1. Degradación física

La degradación física se refiere al deterioro o destrucción de la estructura del suelo por agentes naturales que puede ser incluido por el manejo, el cual está relacionado principalmente con la distribución de tamaño de partículas del suelo o textura del suelo (LOZANO et al., 2002).

La destrucción del suelo se puede analizar desde dos puntos de vista; el primero, consiste en la formación de costras endurecidas a determinadas profundidades del perfil, en caso extremo consiste en el afloramiento de los horizontes subsuperficiales. Este encostramiento es el resultado de la degradación de la cubierta vegetal y de la erosión hídrica, la que deja descubierto esos horizontes. El segundo se refiere a los cambios adversos en las propiedades físicas del suelo como la porosidad, permeabilidad, densidad aparente y estabilidad estructural. El encostramiento y la compactación del suelo se refiere al sellamiento o relleno de los poros del suelo con material fino que resulta del paso continuo de la maquinaria, vehículos y/o ganado en el terreno, o bien, por efecto del golpeteo de las gotas de lluvia; estos efectos desarrollan una capa impermeable en la superficie del suelo que impide la infiltración del agua de lluvia. Otro aspecto importante es la falta de materia orgánica del suelo lo que implica que los espacios de aire se reduzcan al máximo, entonces el suelo adquiere la apariencia de bloques compactos (LOZANO et al., 2002).

2.4.1.2. Degradación química

La degradación química puede deberse a la concentración de sustancias tóxicas y/o a la pérdida de bases intercambiables del suelo; la actividad industrial origina una variedad de desechos que pueden ser descargados en las corrientes de agua, alguno de estos desechos se sabe que son dañinos para el hombre, tal como sucede con los hidrocarburos y metales pesados. Estos materiales residuales tienen generalmente efectos localizados geográficamente entre los seres humanos, la vegetación, el agua y el suelo. La productividad disminuye rápidamente hasta reducirse a la nada cuando las concentraciones de sustancias tóxicas sobrepasan los valores umbrales (ORTIZ *et al.*, 1994).

2.4.1.3. Degradación biológica

La degradación biológica se refiere a la pérdida de materia orgánica resistente (humificada) por acción de la mineralización acelerada. Sin embargo, el término, degradación biológica del suelo, es frecuentemente equiparado con el agotamiento o pérdida de la cobertura vegetal, a la par de la materia orgánica, y también es usado para demostrar la disminución de los organismos benéficos del suelo. Steiner (1996), citado por LÓPEZ (2002).

La degradación biológica es conocida como las modificaciones y/o pérdidas de materia orgánica y actividades biológicas de los suelos (alteración de la flora, fauna del suelo, microflora, lombrices, etc.). Entre los problemas que ocasiona la pérdida de materia orgánica en el suelo podemos mencionar los siguientes. Pla (1994), citado por CASTILLO (2005).

- Modificación de las propiedades físicas (compactación, encostramiento, retención de humedad, inestabilidad estructural y otros).
- Modificación de propiedades químicas (disminución de la capacidad de intercambio de cationes, desnitrificación, lixiviación, acidificación, fijación de nutrientes).
- Modificación de propiedades biológicas (disminución de la actividad de microorganismos del suelo).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se llevó a cabo en el vivero Las Heliconias ubicado en la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; durante los meses de enero a abril del 2017.

3.1.1. Ubicación política

Distrito : Rupa – Rupa

Provincia : Leoncio Prado

Región : Huánuco

3.1.2. Ubicación geográfica

El vivero se encuentra en las coordenadas UTM del Datum WSG84 de la zona 18 L, cuyas coordenadas son:

Norte : 8970732

Este : 390265

Altitud : 659 msnm

3.1.3. Características climatológicas

La ciudad de Tingo María tiene una altitud de 660 m.s.n.m, con una temperatura media mensual de 25 °C; una humedad relativa de 84 %; y con una precipitación media anual de 3300 mm.

Cuadro 9. Datos climatológicos durante el periodo experimental.

Meses	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
	Mínima	Máxima	Media		
Enero	20.50	28.73	24.62	84.66	388.30
Febrero	20.98	29.53	25.26	85.00	452.90
Marzo	20.68	29.67	25.18	85.33	442.50
Abril	21.08	30.88	25.98	84.00	204.80
Total	83.24	118.81	101.04	338.99	1488.5
Promedio	20.81	29.70	25.26	84.74	372.12

Fuente: Estación experimental José Abelardo Quiñones (2017).

3.1.4. Zonas de vida

La zona de vida que presenta la ciudad de Tingo María según el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE (1987) es de un Bosque muy húmedo premontano tropical (bmh – PT).

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales de campo

Bolsas plásticas para vivero de 7x10", suelo degradado, cilindro de 200 L, 70 kg de estiércol de vaca, 180 L de agua no contaminada, 1.3 kg de ceniza, 2.6 kg de roca fosfórica, 2 kg de sulfato de zinc, 2 kg de sulfato de magnesio, 300 g de sulfato de manganeso, 300 g de sulfato ferroso, 300 g de sulfato de cobre, 1.5 kg de bórax, 100 g de molibdato de sodio, 2 kg de cloruro de calcio, 50 g de cloruro de cobalto, 14 L de melaza, 28 litros de leche, 200 g de jabón, 500 g de *Capsicum sp* L. "ají", aserrín, arena de río.

3.2.2. Material vegetativo

01 kg de Semillas de *Plukenetia volubilis* L.

3.2.3. Herramientas

Marcadores, carretilla, pala, costales, vernier digital, regla herramienta, machete, mochila de aspersion, regaderas, rafia, wincha.

3.2.4. Equipos

Cámara digital, higrómetro digital, balanza digital, estufa, vernier digital, GPS.

3.3. Metodología

3.3.1. Determinar el efecto de la dosis del biofertilizante supermagro en el incremento de altura y diámetro, peso fresco y seco de la parte aérea y radicular y el área foliar del cultivo de *P. volubilis* L., en un suelo degradado

- **Elaboración del biofertilizante supermagro**

La elaboración del biofertilizante supermagro se realizó siguiendo la metodología descrita por (RESTREPO, 2009):

- El primer día se agregó en un recipiente plástico de 200 L, 50 kg de estiércol fresco de vaca, 70 L de agua no contaminada. Luego en un recipiente de plástico (Balde 12 L) se preparó la mezcla principal: 2 L de leche fresca y 1 L de melaza, se removi6 hasta homogenizarla, despu6s se agreg6 al recipiente de 200 L se tap6 y se dej6 en reposo por 3 d6as, protegido del sol y las lluvias.

A partir del d6a 4 y cada 3 d6as se agreg6 a la mezcla principal (2 L de leche fresca y 1 L de melaza) una sal o un sulfato con un poco de agua en un balde peque6o. Despu6s de haber agregado todos los ingredientes, se complet6 con agua en el recipiente hasta los 180 L, se tap6 y se dej6 fermentar por 30 d6as. Al finalizar los 30 d6as de reposo, se col6 el biofertilizante estuvo listo para ser aplicado en el cultivo.

3.3.2. An6lisis del biofertilizante supermagro

Se extrajo una muestra del biofertilizante en un envase de 1 L para su respectivo an6lisis qu6mico, el mismo fue llevado al Laboratorio de An6lisis de Suelos de la UNAS. Los resultados se presentan en (Anexo 4).

Los m6todos empleados para el an6lisis qu6mico se mencionan en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Métodos empleados para el análisis químico del biofertilizante supermagro.

Características	Método
Extracto	Vía Seca Digestión HCl
Humedad	Estufa 105° C
Cenizas	Mufla 660° C
Nitrógeno total	Kjendhal
Determinación de macroelementos: Ca, Mg, K, Na	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Determinación de microelementos: Fe, Mn, Zn, Cu	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Determinación de fósforo	Metavanadato

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos de la UNAS (2017).

3.3.3. Muestreo de suelo

El suelo utilizado en la investigación fue extraído del fundo Vista Alegre, ubicado en el centro poblado de Supte San Jorge, cuyas coordenadas UTM WGS84 son Este: 393851 y Norte: 8972459, con una altitud de 606 m.s.n.m; a 20 minutos de la ciudad de Tingo María; terreno donde hubo presencia del cultivo de *Erythroxylum coca* “coca”, y que actualmente predomina la *Pteridium equidinum* “macorilla” y *Andropogon spp* “rabo de zorro”; se extrajo 850 kg de suelo de 0 a 20 cm de profundidad, utilizando el muestreo aleatorio en un área de 400 m².

El material extraído fue transportado en costales hacia el vivero Las Heliconias. Utilizando 500 g de suelo para realizar los análisis químicos respectivos.

3.3.4. Análisis del suelo

Se realizaron dos análisis químicos durante la ejecución de la investigación. El primer análisis se realizó antes de la siembra de las semillas de sachá inchi, y el segundo análisis después de concluir la evaluación. Para ello se tomó 01 muestra del suelo extraído (500 g), previamente tamizado; que fueron llevados al Laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Los resultados se presentan en el (Anexo 5).

El Cuadro 10 indica los métodos empleados para el análisis físico-químico del suelo.

Cuadro 11. Métodos empleados para el análisis físico-químico del suelo.

Características	Método
Textura	Hidrómetro de Bouyoucos
pH	Potenciómetro
Materia orgánica	Walkey y Black
Nitrógeno total	Kjeldahl
Fósforo disponible	Olsen modificado
Potasio disponible	Acetato de amonio
Capacidad de intercambio catiónico	Acetato de amonio

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos de la UNAS (2017).

3.3.5. Selección de semillas

Las semillas utilizadas, fueron colectadas en la región San Martín. Se seleccionaron las semillas por el método de flotación; el cual consistió en sumergir en un recipiente con agua por un período de 24 horas; donde las semillas vanas flotan sobre la superficie; mientras que las buenas permanecen en el fondo del recipiente. Las mismas que se utilizaron posteriormente para la siembra en la cama almaciguera.

3.3.6. Desinfección de semillas

Las semillas seleccionadas fueron desinfectadas utilizando 500 g de ceniza de cascarilla de arroz en 1 L de agua, durante 5 horas., posteriormente se precedió a limpiarlas con abundante agua.

3.3.7. Preparación del sustrato para almácigo

Se empleó aserrín sobre una capa de arena de río como sustrato de la cama almaciguera, esparciéndola en toda el área (3 m²), con un espesor de 10 cm.

3.3.8. Siembra en la cama almaciguera

La siembra de las semillas se realizó colocándolas en hileras distanciadas a 10 cm y a una profundidad de 2 cm, tapándolas con el mismo sustrato. Durante el periodo de germinación se realizó el riego de la cama almaciguera cada 15 días con la finalidad de mantener humedecido el sustrato.

3.3.9. Acondicionamiento del vivero

Se realizó la limpieza de malezas del área donde se acondicionaron la cama de repique con las plántulas; se agregó una capa de arena fina sobre la superficie, para brindar mayor estabilidad a las bolsas. Utilizando rafia y algunas estacas se cercó todo el perímetro de la cama, para evitar que las plántulas sufran algún daño externo.

3.3.10. Preparación del sustrato

El material que se empleó como sustrato para los plantones de *P. volubilis* L., fue el que se extrajo previamente en costales del fundo Vista Alegre. El material fue removido para brindar aireación al medio y además se retiraron restos de raíces y otros elementos que se encontraron en el suelo extraído.

3.3.11. Llenado de bolsas

Se utilizó bolsas de polietileno de color negro de 7x10", que fueron agujeradas en la base para evitar la acumulación de agua en el sustrato durante las lluvias y llenados en forma manual; haciendo un total de 420 bolsas llenadas.

3.3.12. Repique

El repique se realizó a las dos semanas de haberlo sembrado, antes de la aparición del tercer par de hojas verdaderas, durante esta actividad tuvimos que regar la cama almaciguera para que el sustrato se suelte de la raíz, después,

se procedió a extraer las plántulas y el acopio se realizó en un recipiente con agua, a fin de evitar la pérdida de humedad de la plántula.

Para realizar el repique se llevó a cabo la selección de las mejores plántulas, eliminando las defectuosas y más pequeñas; seguidamente y con la ayuda de un repicador se hizo los hoyos en las bolsas. Luego se pasó a colocar las plantas en cada hoyo evitando siempre que la raíz entre doblada, para evitar daños durante el crecimiento de los plantones. Por último, se realizó un riego a las plántulas repicadas.

3.3.13. Labores culturales

3.3.13.1. Deshierbo

Consistió en la extracción de plantas invasoras de forma manual que se presentaron alrededor de la planta deseada; labor que se realizó cada 15 días.

3.3.13.2. Riego

Esta actividad se realizó durante la fase de almácigo cada 7 días. En época de lluvias no es necesario regar las plantas; pero debemos tener un buen drenaje para evitar el encharcamiento del agua y la proliferación de hongos y enfermedades.

3.3.13.3. Control fitosanitario

Para llevar a cabo esta labor se aplicó extracto de *Capsicum sp* L. “ají”, cada 15 días, con la finalidad de reducir el ataque de insectos cortadores. Se

preparó colocando 100 g de ají cortado en tiras en 0.5 L de agua, luego se dejó macerar por 24 horas. Al finalizar la maceración se procedió a moler el ají con la ayuda de un mortero, y se mezcló con la misma agua de la maceración. Este concentrado se diluyó en 15 L de agua antes de cada aplicación.

3.3.14. Parámetros a evaluar

Se evaluaron los siguientes parámetros durante la investigación:

3.3.14.1. Altura de planta

Se realizaron las evaluaciones cada 15 días después de la primera aplicación, para ello se hizo uso de una regla milimetrada de 50 cm. Las lecturas se tomaron desde la base hasta el ápice de las plántulas, en el último brote, hasta cumplir los 3 meses de edad.

3.3.14.2. Diámetro del tallo

Parámetro evaluado cada 15 días después de la primera aplicación durante 3 meses; para ello se utilizó un vernier digital. Las medidas fueron tomadas a 3 cm de la base de la plántula.

3.3.14.3. Área foliar

Se realizó a través del dibujo de silueta de las hojas en papel milimetrado, contabilizando el área en cm^2 . Se tomó 01 unidad experimental al azar de las 16 plantas evaluadas por cada tratamiento.

3.3.14.4. Peso fresco y seco de la raíz

Se evaluaron 03 unidades experimentales; este trabajo se realizó procurando que la raíz no quede impregnada al sustrato; se lavó la planta y se cortaron las raíces que fueron llevadas a una balanza digital para realizar la determinación del peso fresco; y posteriormente fueron llevadas a una estufa para ser secadas a una temperatura de 90 °C durante 24 horas para determinar el peso seco de las plantas.

3.3.14.5. Peso fresco y seco de la parte aérea

Para evaluar este parámetro se aprovechó los tallos y las hojas de las plantas extraídas anteriormente y se realizó la misma metodología antes descrita para determinar del peso fresco y seco de la parte aérea de la planta.

3.3.14.6. Parámetros químicas del suelo

Para evaluar estos parámetros, se llevó a cabo una comparación de los análisis físicos-químicos realizados antes y después de la aplicación del biofertilizante supermagro al sustrato; y se tomaron en cuenta los resultados de pH, MO, N, P, K y C.I.C.

3.3.15. Tratamiento en estudio

Los tratamientos que se emplearon fueron establecidos de acuerdo a lo recomendado por el Manual de producción de sachá inchi, para el biocomercio y la agroforestería sostenible (2009) de 03 a 06 % de concentración del

biofertilizante supermagro. Estos tratamientos estuvieron sujetos a un determinado volumen de agua (20 L).

El Cuadro 12 describe las respectivas dosis utilizadas por cada tratamiento.

Cuadro 12. Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamiento	Descripción
T ₀	Testigo (sin biofertilizante)
T ₁	0.1 L de biofertilizante/20 L cada 15 días
T ₂	0.3 L de biofertilizante/20 L cada 15 días
T ₃	0.5 L de biofertilizante/20 L cada 15 días
T ₄	0.7 L de biofertilizante/20 L cada 15 días
T ₅	0.9 L de biofertilizante/20 L cada 15 días
T ₆	1.1 L de biofertilizante/20 L cada 15 días

3.3.16. Diseño experimental

El diseño experimental empleado en la investigación fue el diseño completamente al azar (DCA), constituido por 6 tratamientos más un tratamiento testigo y 4 repeticiones, así mismo se realizó el Análisis de Variancia (F. tab. = 0,05) y las diferencias de medias con la prueba de comparación de TUKEY ($\alpha=0,05$) (CALZADA, 1982).

Cuadro 13. Esquema del análisis de varianza.

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamiento	$t - 1$	6
Error experimental	$t (r - 1)$	21
Total	$tr - 1$	27

3.3.17. Modelo aditivo lineal

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

Dónde:

Y_{ij} = Es la respuesta obtenida en el i - ésimo tratamiento proveniente del j - ésimo bloque

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i - ésimo tratamiento

E_{ij} = Efecto del error experimental

3.3.18. Croquis del experimento

La siguiente Figura, muestra el croquis del experimento, la cual está distribuido por 06 tratamientos y 01 testigo con 04 repeticiones, en el diseño completamente al azar (DCA).

TRATAMIENTOS

T 1	T 4	T 7	T 5	T 2	T 6	T 3	REPETICIÓN I
T 2	T 5	T 1	T 3	T 6	T 4	T 7	REPETICIÓN II
T 3	T 6	T 7	T 4	T 1	T 5	T 2	REPETICIÓN III
T 5	T 2	T 3	T 6	T 4	T 7	T 1	REPETICIÓN IV

Figura 1. Distribución de los tratamientos en estudio.

IV. RESULTADOS

4.1. Efecto de la dosis del biofertilizante supermagro en el incremento en altura y diámetro, el peso fresco y seco de la parte aérea y radicular y el área foliar de *Plukenetia volubilis* L., “sacha inchi” en un suelo degradado.

4.1.1. Incremento en altura (cm) de plántones de *P. volubilis* L.

El Cuadro 14 muestra el análisis de variancia del incremento en altura, observando que a un nivel de confianza ($p < 0.05$) todos los incrementos no presentan significación estadística entre el testigo y los tratamientos aplicados, es decir todos son iguales. El coeficiente de variación es de 25.67 %.

Cuadro 14. Análisis de variancia del incremento en altura (cm).

Diferencia	GL	SC	CM	CMe	Prueba de F	Sig. $p < 0.05$
1	6	0.1935	0.0322	0.0137	2.3462	NS
2	6	0.5153	0.0859	0.2970	2.8944	NS
3	6	0.3537	0.0590	0.0068	0.8647	NS
4	6	0.9270	0.1545	0.6807	0.2270	NS
5	6	2.4371	0.4062	1.0650	0.3814	NS

CV: 25.67%, Ftab. ($p < 0.05$: 6.094) (NS) No Significativo, transformación datos \sqrt{x}

4.1.2. Incremento en diámetro (mm) de los plantones de *P. volubilis* L.

El Cuadro 15 muestra el análisis de variancia del incremento en diámetro, observando que a un nivel de confianza ($p < 0.05$), establece que todos los incrementos en diámetro no presentan significación estadística entre el testigo y los tratamientos aplicados, todos son iguales. El coeficiente de variación es de 4.55 %.

Cuadro 15. Análisis de variancia del incremento en diámetro (mm).

Diferencia	GL	SC	CM	CMe	Prueba de F	Sig. $p < 0.05$
1	6	0.0370	0.0062	0.0053	1.1557	NS
2	6	0.0191	0.0032	0.0018	1.7858	NS
3	6	0.0117	0.0020	0.0024	0.8005	NS
4	6	0.0070	0.0012	0.0014	0.8063	NS
5	6	0.0166	0.0028	0.0018	1.5553	NS

CV: 4.55%, Ftab. ($p < 0.05$: 6.094) (NS) No Significativo, transformación datos $\sqrt{x+1}$

La Figura 2 muestra la curva de relación entre el incremento de diámetro (mm) versus el incremento de altura (cm) por cada tratamiento aplicado; del cual podemos deducir que la relación entre el diámetro versus la altura en cada uno de los tratamientos y el testigo se encuentra altamente relacionados con valores de R^2 superiores al 90 %, notándose estas diferencias solo en el T₂ (0.3 L) y el T₃ (0.5 L) con valores agrupados con respecto a la recta de ajuste, que influyen en el coeficiente de correlación (R^2).

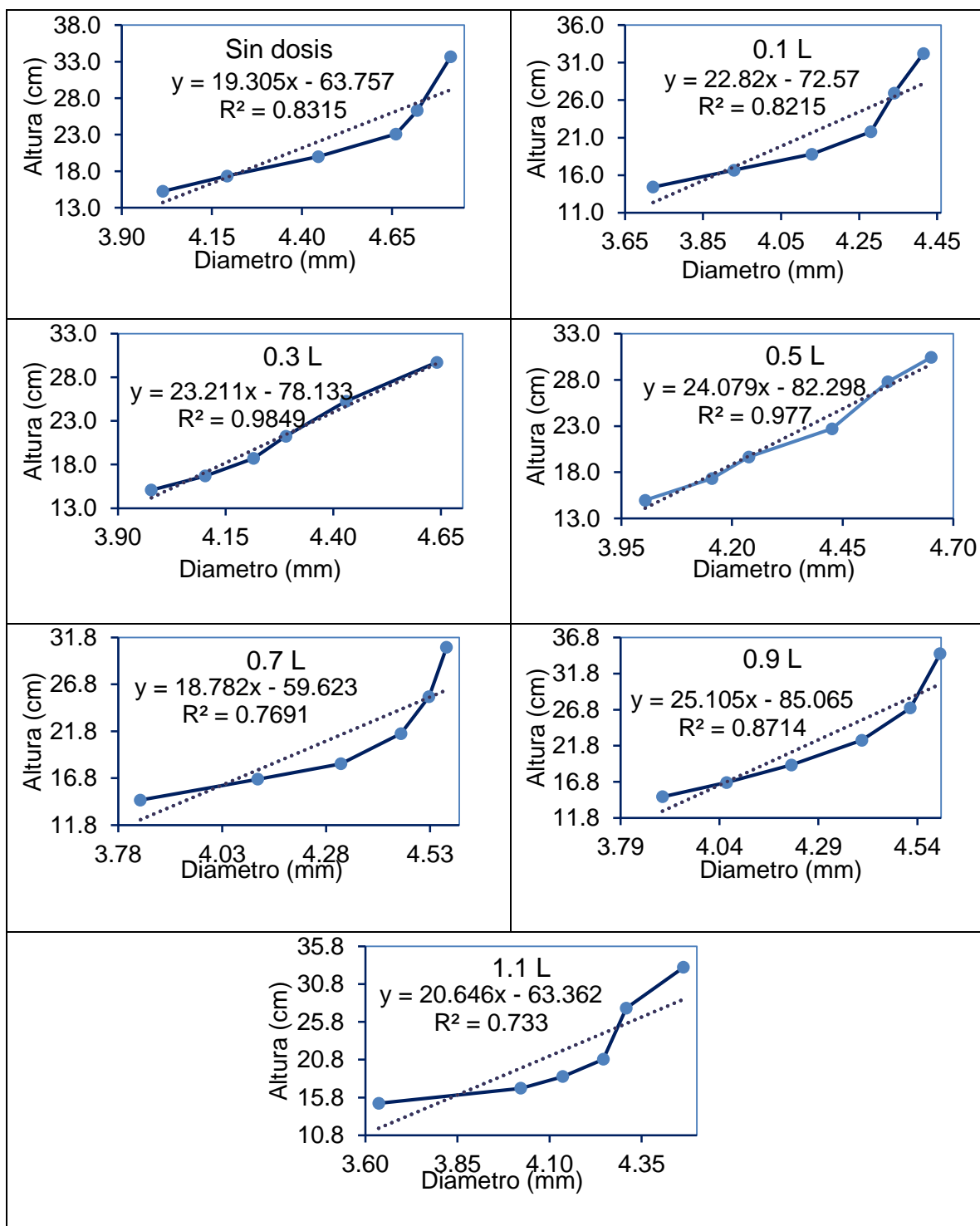


Figura 2. Relación del incremento de diámetro (mm) versus el incremento de altura (cm).

4.1.3. Peso seco y fresco de la raíz y de la parte aérea (g) de plantones de *P. volubilis* L.

El Cuadro 16 muestra el análisis de variancia del peso fresco de la parte aérea, el cual detalla que a un nivel de confianza ($p < 0.05$) no existe diferencias estadísticas significativas entre el testigo y los otros tratamientos aplicados, es decir todos son iguales. El coeficiente de variación es de 12.78 %.

Cuadro 16. Análisis de variancia del peso fresco (g) de la parte aérea.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Sig. $p < 0.05$
Dosis supermagro	6	0.6710	0.1118	1.6	NS
Error exp.	21	1.4358	0.0684		
Total	27	2.1068			

CV: 12.78%, Ftab. ($p < 0.05$: 6.094) (NS) No Significativo, transformación \sqrt{x}

El Cuadro 17 muestra el análisis de variancia del peso seco (g) de la parte aérea, a un nivel de confianza ($p < 0.05$) y señala que existen diferencias estadísticas significativas entre el testigo y los tratamientos del biofertilizante supermagro. El coeficiente de variación es de 14.90 %.

Cuadro 17. Análisis de variancia del peso seco (g) de la parte aérea.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Sig. $p < 0.05$
Dosis supermagro	6	2.4411	0.4068	9.542	*
Error exp.	21	0.8954	0.0426		
Total	27	3.3364			

CV: 14.90%, Ftab. ($p < 0.05$: 6.094) * Significación, transformación \sqrt{x}

El Cuadro 18 muestra los promedios del peso seco (g) de la parte aérea por dosis de biofertilizante supermagro, las cuales mediante la prueba de comparación de medias de TUKEY, señala que a un nivel de confianza $p < 0.05$, el T₁ (0.1 L), es el que tiene el mayor peso seco (g) de la parte aérea, con un promedio de 1.85 g con respecto a los otros tratamientos.

Cuadro 18. Valor promedio del peso seco (g) de la parte aérea, por dosis de biofertilizante supermagro (prueba de Tukey).

Evaluación	Dosis de biofertilizante supermagro						
	Testigo	0.1 L	0.3 L	0.5 L	0.7 L	0.9 L	1.1 L
1	1.62 ^b	1.85 ^a	1.64 ^b	1.33 ^b	1.11 ^b	1.11 ^b	1.04 ^b

Medias en una misma fila con letras iguales no tienen diferencias significativas, para un nivel de significación $p < 0.05$ (prueba de Tukey).

El Cuadro 19 muestra el análisis de variancia del peso fresco (g) de la parte radicular, a un nivel de confianza ($p < 0.05$) y señala que existen diferencias estadísticas significativas entre el testigo y los tratamientos del biofertilizante supermagro. El coeficiente de variación es de 6.22 %.

Cuadro 19. Análisis de variancia del peso fresco (g) de la parte radicular.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Sig. $p < 0.05$
Dosis supermagro	6	0.6048	0.1008	11.113	*
Error exp.	21	0.1905	0.0091		
Total	27	0.7953			

CV: 6.22 %, Ftab. ($p < 0.05$: 6.094) * Significación, transformación \sqrt{x}

El Cuadro 20 muestra los promedios del peso fresco (g) de la parte radicular, a través de la prueba de comparación de medias de TUKEY, a un nivel de ($p < 0.05$) y señala que el T₀ (testigo), tiene el mayor peso fresco (g) en la parte radicular con un promedio de 1.75 g con respecto a los tratamientos aplicados.

Cuadro 20. Valor promedio del peso fresco (g) de la parte radicular, por dosis de biofertilizante supermagro (prueba de Tukey).

Evaluación	Dosis de biofertilizante supermagro						
	Testigo	0.1 L	0.3 L	0.5 L	0.7 L	0.9 L	1.1 L
1	1.75 ^a	1.69 ^b	1.64 ^b	1.33 ^b	1.45 ^b	1.45 ^b	1.42 ^b

Medias en una misma fila con letras iguales no tienen diferencias significativas, para un nivel de significación $p < 0.05$ (prueba de Tukey).

El Cuadro 21 muestra el análisis de variancia del peso seco (g) de la parte radicular, y se aprecia que a un nivel de confianza ($p < 0.05$) no existen diferencias estadísticas significativas entre el testigo y los tratamientos de biofertilizante supermagro aplicados, todos son iguales. El coeficiente de variación es de 10.42 %.

Cuadro 21. Análisis de variancia del peso seco (g) de la parte radicular.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Sig. $p < 0.05$
Dosis Supermagro	6	0.1874	0.0312	2.1503	NS
Error exp.	21	0.3050	0.0145		
Total	27	0.4924			

CV: 10.42 %, Ftab. ($p < 0.05$: 6.094) (NS) No Significativo, transformación \sqrt{x}

4.1.4. Área foliar (cm²) de plantones de *P. volubilis* L.

El Cuadro 22 muestra el análisis de variancia del área foliar, a un nivel de confianza ($p < 0.05$) muestra que no existen evidencias estadísticas para afirmar que entre el testigo y los tratamientos del biofertilizante supermagro sean diferentes, todos son iguales. El coeficiente de variación es de 17.22 %.

Cuadro 22. Análisis de variancia del área foliar (cm²).

FV	GL	SC	CM	Valor F	Sig. $p < 0.05$
Dosis supermagro	6	112.9819	18.8303	0.9284	NS
Error exp.	21	425.9403	20.2829		
Total	27	538.9222			

CV: 17.22 %, Ftab. ($p < 0.05$: 6.094) (NS) No Significativo, transformación \sqrt{x}

4.2. El efecto de la dosis del biofertilizante supermagro sobre las propiedades químicas en un suelo degradado

El Cuadro 23 muestra el resultado obtenido de los análisis de las propiedades químicas del suelo evaluadas al inicio y final de la investigación. Se observa un descenso en cuanto al pH del suelo, que bajo de 5.93 a 5. Del mismo modo, se aprecia una caída del contenido de materia orgánica del suelo, con un valor inicial de 2.41 % y un valor final de 1.22 %. Similares resultados se obtuvieron con relación al contenido de nitrógeno total, fósforo disponible y potasio cambiante que redujeron su valor inicial de 0.11 %, 2.49 ppm, 148.93 ppm a un valor final de 0.05 %, 0.8 ppm y 69.97 ppm, respectivamente. En cuanto a la

capacidad de intercambio catiónico se aprecian que esta característica aumentó ligeramente de 5.4 Cmol (+)/kg a 10.62 Cmol (+)/kg.

Cuadro 23. Análisis inicial y final del efecto del biofertilizante supermagro sobre las propiedades químicas del suelo.

Características	Valor inicial	Valor final
Análisis químico:		
pH (1/1)	5.93	5
Materia orgánica (%)	2.41	1.22
Nitrógeno total (%)	0.11	0.05
Fósforo disponible (ppm)	2.49	0.8
Potasio disponible (ppm)	148.93	69.97
CIC (Cmol+)/kg	5.04	10.62

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos de la UNAS (2017).

V. DISCUSIÓN

Según el análisis de varianza no existe significación estadística en el incremento de altura, a un nivel de confianza (p valor <0.05) entre el testigo y los tratamientos del biofertilizante supermagro.

BONATTO (2011) sostiene que las concentraciones del biofertilizante supermagro por debajo del 5 % no alcanza los valores promedios de altura de planta en la producción de los plántones de *Eucalyptus dunnii* Maiden “eucalipto”. Las concentraciones del biofertilizante supermagro empleadas en la investigación no sobrepasaron el 5.5 % (1.1 L) razón por la cual es probable que no se aprecia diferencias significativas en la altura de planta en el cultivo de *P. volubilis* L. Por otro lado, (PEDRAZA *et al.*, 2011), afirma que el biofertilizante supermagro contiene una elevada concentración de elementos menores que son causantes de toxicidad; y que a su vez afectan la altura de la planta. Además, según el análisis físico-químico del suelo realizado al sustrato, señala que el contenido de nitrógeno presentaba niveles medios de este elemento y sumado a la escasa concentración en el biofertilizante, pudo esta carencia influir negativamente en el crecimiento de los plántones de la especie evaluada.

Por otro lado, el coeficiente de variación es de 25.67 %, por lo que este resultado pueda deberse a otros factores como algún contacto con otro

producto fertilizante que pudo haber llegado al cultivo o a alguna condición ambiental que escapa del control del investigador.

Según el análisis de varianza no existe significación estadística en el diámetro de tallo a un nivel de confianza (p valor <0.05) entre el testigo y los diferentes tratamientos del biofertilizante supermagro, concluyendo que todos son iguales estadísticamente.

Los resultados obtenidos en este parámetro difieren con la afirmación realizada por (GONZÁLEZ *et al.*, 2015), el cual señala que la aplicación del biofertilizante supermagro a una concentración del 30 %, influye en el engrosamiento del tallo en el cultivo de *Citrullus lanatus* "sandía". Es probable que la dosis empleada en esta especie, haya sido durante una etapa en la que la planta alcanzó un mayor desarrollo, debido que al crecer tiende a aumentar el área foliar, la cantidad de tejidos, estimulando mayor absorción de nutrientes.

Por otro lado, existen ciertos cultivos capaces de tolerar algunas condiciones de toxicidad mineral; en el caso del sachu inchi, puede prospera en suelos arcillosos y con problemas de toxicidad de aluminio, lo cual no dificulta el desarrollo vegetativo del cultivo; sin embargo, existe la posibilidad que no sea tolerante a un elevado contenido de micro elementos, debido a ello el biofertilizante supermagro no tiene la efectividad deseada. No obstante, podría utilizarse concentraciones por debajo de 2.5 % de forma edáfica y evitando la adición de estos elementos menores.

El análisis de variancia del peso fresco de la parte aérea, detallan que a un nivel de confianza ($p < 0.05$) todos los tratamientos del biofertilizante supermagro no presentan diferencias estadísticas significativas entre ellas, todas son iguales.

El análisis de variancia del peso seco (g) de la parte aérea, a un nivel de confianza ($p < 0.05$) muestran que existen diferencias estadísticas significativas entre el testigo y los tratamientos del biofertilizante supermagro.

Estos resultados no concuerdan con la investigación realizada por (PEDRAZA *et al.*, 2011) quien al evaluar la aplicación de un biofermento a dosis de 0.5, 1 y 2 L, sobre plantas de *Thymus vulgaris* “tomillo”, *Rosmarinus officinalis* “romero” y *Origanum vulgare* “orégano”, bajo condiciones de invernadero, concluyó que no existen diferencias estadísticamente significativas sobre el peso fresco y el peso seco de la parte aérea. Sin embargo, la dosis que presenta el mayor peso seco en la investigación pertenece al T₁ (0.1 L), lo que demuestra que a bajas concentraciones el biofertilizante supermagro podrían actuar de forma favorable, ya que el contenido de micronutrientes es tolerable para la planta.

El análisis de variancia del peso fresco (g) de la parte radicular, muestran que a un nivel de confianza ($p < 0.05$) existen diferencias estadísticas significativas entre el testigo y los tratamientos del biofertilizante supermagro. La prueba de comparación de medias de TUKEY, concluye que a un nivel de ($p < 0.05$) el T₀ (testigo) es el que tiene el mayor peso fresco (g) en la parte radicular, con un promedio de 1.75 g con respecto a los otros tratamientos.

Este resultado indica que el biofertilizante supermagro estaría afectando el desarrollo radicular de los plantones de *P. volubilis* L., si lo comparamos con el T₀ (testigo), quien a pesar de no haber recibido ningún tipo de dosis alcanzó mejor resultados frente a los distintos tratamientos. Pese a que el análisis microbiológico indicara que existe un número moderadamente alto de microorganismos aerobios viables, fungi y actinomicetos; la aplicación del biofertilizante pudo haber ocasionado un ligero descenso del número de microorganismo que compone la población del suelo. Esto explicaría porque los tratamientos T₁ y T₂, mostraron valores muy cercanos al T₀, por lo que se podría asumir que concentración por encima del 1 % serian tolerables para el desarrollo radicular del cultivo de dicha especie durante el crecimiento inicial.

El análisis de variancia del peso seco (g) de la parte radicular, muestran que a un nivel de confianza ($p < 0.05$) no existen diferencias estadísticas significativas entre el testigo y los tratamientos empleados, todos son iguales.

Este resultado es similar al logrado por (HOYOS, 2016) quien demostró que la aplicación del biofertilizante supermagro en forma foliar y drench, a una concentración de 2.5 y 5 %, no influye de forma significativa en el peso seco de la parte radicular sobre almácigos de *Coffea arabica* “café”, lo que convierte al biofertilizante supermagro en un abono con dosis limitadas para aplicación a diversos cultivos. Pese a ello, es necesario continuar experimentando diversas formas y métodos de aplicación en cultivos que sean tolerantes a ciertas condiciones de toxicidad.

Los resultados del análisis de variancia del área foliar a un nivel de ($p < 0.05$) muestra que no existen evidencias estadísticas para afirmar que entre el testigo y los tratamientos aplicados del biofertilizante supermagro sean diferentes.

Como lo menciona (SILVA *et al.*, 2011) al evaluar diferentes concentraciones del biofertilizante supermagro en el crecimiento de *Phaseolus sp.* “frijol blanco”, sostiene que dicho biopreparado no influye de forma significativa en diversos parámetros de la planta, como es el caso del área foliar. No obstante, dosis elevadas del biofertilizante supermagro perjudico severamente el número de hojas de los plántones de *P. volubilis* L., y por lo tanto el área foliar. Esta afirmación puede explicarse a través de algunos síntomas visuales durante las evaluaciones realizadas, tales como necrosis en el ápice de las hojas y en el borde; en algunos casos se produjo la muerte de algunos plántones, sobre todo en los tratamientos con mayor dosis, por lo que presume que el principal causante de estos daños es el exceso de Zn presente en el biofertilizante.

En cuanto a la evaluación del efecto de la aplicación del biofertilizante supermagro sobre las propiedades químicas del suelo, los resultados señalan que el pH del suelo se vio afectado al descender de una calificación de moderadamente ácido (5.93) a fuertemente ácido (5); afectando no solamente este parámetro, sino también a otros nutrientes como el Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y P, ya que sus niveles bajos indican deficiencia en estos elementos (FASSBENDER, 1987).

Esta acidez fue provocada por causa de las constantes precipitaciones durante el periodo experimental, época en la que concuerda con las temporadas

de lluvia, ya que cuando la precipitación es mayor que la evapotranspiración, se produce el fenómeno de la lixiviación y salen del perfil los iones más solubles como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ . En el suelo quedan los iones que le confieren acidez, los cuales son el Al^{3+} , Fe^{3+} y Mn^{4+} ; que a su vez aumentan la saturación de Al^{3+} , y por consiguiente, un deterioro en el crecimiento longitudinal y radicular en la planta. Si bien es entendido que el cultivo de *P. volubilis* L., puede soportar condiciones altas de saturación de Al^{3+} , la suma de los elevados niveles de microelementos en el biofertilizante, fue el declive para poder observar efectos perjudiciales en esta especie.

La materia orgánica fue un punto muy importante para evaluar el efecto del biofertilizante supermagro sobre las propiedades químicas del suelo. El alto contenido de este material sirve como una reserva importante de microorganismos que mineralizan algunos elementos de las fuentes orgánicas, favoreciendo su disponibilidad (GOMERO y VELÁSQUEZ, 1999). Sin embargo, los resultados obtenidos a través del análisis de suelo, señalan que la materia orgánica del suelo tras la aplicación del biofertilizante supermagro, presentó una caída en el contenido de este material, con valores que descendieron de 2.41 % a 1.22 %, calificándose en un nivel bajo o pobre. Esto puede deberse en primer lugar al tipo de sustrato utilizado durante la investigación; según el análisis físico-químico realizado, señala que el suelo es de textura arcillosa, de tal forma que dificulta el desarrollo de las plantas, por lo que habrá menos vegetación, y por consiguiente, menor cantidad de materia orgánica; más aún si se trata de un suelo degradado. En segundo lugar, se le atribuye a factores como la lixiviación y

acidificación, que si bien en un primer momento el sustrato empleado presentaba niveles medios de materia orgánica, la adición del biofertilizante supermagro y su número moderado alto de microorganismos aéreos viables, no fueron suficientes para incrementar el contenido de materia orgánica del suelo, perdiéndose con el lavado.

Del mismo modo, el contenido de nitrógeno se vio afectado por la influencia de la materia orgánica, ya que este elemento está relacionado directamente con dicho material. Los valores descendieron de 0.11 % a 0.05 %, calificándolo como un nivel bajo; cabe recalcar que al disminuir la materia orgánica también lo hace el nitrógeno, además la única fuente de este nutriente que podemos encontrar en el biofertilizante supermagro es a través del estiércol de ganado, un ingrediente que resulta insuficiente para elevar los niveles de nitrógeno. Esta teoría es corroborada por el análisis químico realizado al biofertilizante supermagro, en el que se determinó que el contenido de nitrógeno en base húmeda alcanzo un valor de 0.16 % y 1.60 %, en base seca. Si a esto le sumamos que al diluir el biofertilizante sobre todo en bajas concentraciones, obtendremos aportes muy limitados de este elemento. Por otro lado, el cultivo de sachá inchi, puede llegar a acumular hasta (72.06 kg N/ha), durante todo su desarrollo vegetativo (BALTA *et al.*, 2015), en este sentido resulta muy importante adicionar fuentes considerables de nitrógeno en la elaboración del biofertilizante supermagro.

Los contenidos de P y K⁺, fueron muy bajos con respectos a los niveles propuestos por (JACKSON, 1982), los resultados para el P, indican que

este nutriente disminuyó de 2.49 ppm a los 0.8 ppm; para el caso del K^+ , el análisis señala que los valores bajaron de 148.93 ppm a 69.97 ppm.

Hay tener en cuenta que el suelo extraído para sustrato fue un material con serios problemas de degradación, por lo que ya presentaba síntomas de escasez de nutrientes como el P y K^+ . Sin embargo, una de las razones de estos resultados se debe al efecto que generó la reducción del pH sobre las propiedades químicas del suelo, al disminuir la disponibilidad de nutrientes como el P y K^+ (MOLINA y ROJAS, 2005). La extracción de nutrientes por las plantas es otro factor que influye en el contenido de P y K^+ , del suelo. El cultivo de *P. volubilis* L.), puede necesitar hasta 64.32 kg P/ha y 14.36 kg K/ha, durante todo su desarrollo (BALTA *et al.*, 2015), los aportes de P y K^+ en el biofertilizante supermagro en forma de P_2O_5 fue de 1.54 g/L, y K 895 mg/L, pero estos valores pueden reducirse aún más si utilizamos dosis en bajas concentraciones, logrando que el efecto del biopreparado no cumplan con las necesidades del cultivo.

En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), este valor aumentó ligeramente de 5.04 Cmol (+)/kg a 10.62 Cmol (+)/kg, sin embargo puede considerarse como bajo según (JACKSON, 1982). Cuando existe un pH por debajo de 5.5, se considera la CICe como valor referencial a esta propiedad. Este resultado se obtiene sumando las bases y Al^{3+} e H^+ cambiante (GOMERO y VELÁSQUEZ, 1999). Según el análisis de físico-químico del suelo al finalizar la investigación los cationes de H^+ y Al^{3+} , aumentaron debido al incremento del pH del suelo, lo que a su vez generó la saturación de Al^{3+} , esto explicaría los resultados obtenidos. No obstante, (GOMERO y VELÁSQUEZ, 1999), sostiene

que la CICE refleja mejor las condiciones de intercambio catiónico en suelos ácidos, lo que desde el punto de vista práctico es más útil.

VI. CONCLUSIONES

1. No existe efecto de las dosis del biofertilizante supermagro durante el crecimiento inicial del cultivo de *Plukenetia volubilis* L. "sacha inchi" en un suelo degradado. Sin embargo, existe significación estadística con relación al peso seco de la parte aérea, siendo el T₁ (0.1 L) el que mayor peso obtuvo y del mismo modo, existe significación estadística en cuanto al peso fresco de la parte radicular; siendo que el T₀ (testigo) el que alcanzara el mayor peso.
2. No existe efectos de las dosis del biofertilizante supermagro sobre las propiedades químicas del suelo; a excepción de la CIC, que aumentó ligeramente su valor, debido al aumento de los cationes H⁺ y Al³⁺, pero se mantuvo en un nivel bajo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Reducir el contenido de microelementos durante la elaboración del biofertilizante, para evitar los efectos por toxicidad mineral.
2. Realizar un análisis de tejido para determinar la concentración de microelementos causantes de toxicidad.
3. Añadir fuentes orgánicas que contengan alto contenido de nitrógeno y realizar una fertilización edáfica con productos orgánicos, antes de la aplicación del biofertilizante.
4. Realizar este tipo de investigación en condiciones de campo definitivo, para obtener resultados más confiables.

VIII. ABSTRACT

The present research work took place in the Heliconias nursery installations, located in the Faculty of Natural Renewable Resources at the Universidad Nacional Agraria de la Selva, in the city of Tingo María, Peru. The objective was to determine the effect of the Supermagro bio fertilizer on the initial growth of the *Plukenetia volubilis* L., “sacha inchi” crop and on the chemical properties of the degraded soil. To do so, a completely randomized design (CRD; DCA in Spanish) was used, consisting of seven treatments and four repetitions. The treatments were subject to a dose of bio fertilizer and a determined volume of water (20 L), which were: T₀ (0 L bio fertilizer/20 L), T₁ (0.1 L bio fertilizer /20 L), T₂ (0.3 L bio fertilizer /20 L), T₃ (0.5 L bio fertilizer /20 L), T₄ (0.7 L bio fertilizer /20 L), T₅ (0.9 L bio fertilizer /20 L) and T₆ (1.1 L bio fertilizer /20 L), divided into applications every fifteen days. The evaluation of the variables was done every fifteen minutes during sixty d.d.t. (acronym in Spanish) to the transplant bed, those of which were: plant height, stalk diameter, fresh and dry weight of the aerial and radicular parts and the foliar area. To evaluate the effect on the chemical properties of the soil, a physicochemical analysis was done at the start and conclusion of the research; the parameters evaluated were: pH, MO, N, P, K and the C.I.C. The results indicate that T₁ showed the best averages with respect to the dry weight of the aerial part and T₀ obtained the best fresh weight for the radicular

part. With relation to the chemical properties of the soil, the results show that no effects of the supermagro bio fertilizer exist on the evaluated parameters; with the exception of the CIC, the value of which increased slightly due to the increase in the cations H^+ and Al^{3+} , but maintained a low level.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMEZCUA, J., LARA, M. 2017. El zinc en las plantas. Revista Ciencia. México. 68(3):28 - 35.
- ARÉVALO, G. 1996. El cultivo de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la amazonía. Instituto de investigación agraria, Proyecto suelos tropicales. Lima, Perú. 68 p.
- ARVILDO, 2009. Efecto de las enmiendas orgánicas en las propiedades físicas-químicas de un suelo degradado en Supte San Jorge – Tingo María. Tesis. Ing. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 80 p.
- AYALA, G. 2016. Análisis de crecimiento y producción de 03 variedades de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en el municipio de Tena Cundinamarca. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá, Colombia. 59 p.
- BALTA, R., RODRÍGUEZ, A., GUERRERO, R., CACHIQUE, D., ALVA, E., ARÉVALO, L., LOLI, O. 2015. Absorción y concentración de nitrógeno, fosforo y potasio en sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en suelos ácidos, San Martín, Perú. Revista Folia Amazónica. Perú. 24(2):123 – 130.

- BOHN, B y NEAL, A. 1993. Química del suelo. 1 era edición. Editorial Limusa. Impreso en México. 371 p.
- BONATTO, M. 2011. Avaliação do biofertilizante supermagro na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Centro Oeste. Irati, Brasil. 83 p.
- CALZADA, B. J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. 5 ta edición. Editorial Milagros. Lima, Perú.
- CASTILLO, C. M. 2005. Selección y calibración de indicadores locales y técnicos para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca Cuscamá el Tuma – La Dalia Matagalpa. Diplomado. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 106 p.
- DIAZ, P., TELLO, CH., ARÉVALO, L. 2014. Efecto del uso de tutores y aplicación de biofertilizantes en el crecimiento y desarrollo de *Plukenetia volubilis* L. “Sacha inchi”. Revista Folia Amazónica. Perú. 23(2):119 – 130.
- DOSTERT, N., ROQUE, J., BROKAMP, G., CANO, A., LA TORRE, M., WEIGEND, M. 2009. Factsheet; datos botánicos de sachá inchi. Trad. por Frederico Luebert. 1 era edición. Lima, Perú. 11 p.
- FASSBENDER H, 1994. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 da edición. San José, Costa Rica, IICA. 424 p.

- GOMERO, O., VELÁSQUEZ, H. 1999. Manejo ecológico de suelo; conceptos, experiencias y técnicas. 1 era edición. Editorial Grafica Steffany S.R. Ltda. Lima, Perú. 95 p.
- GÓMEZ, M.E.J. 2004. Monografía y cultivo de sachá inchi, oleaginosa promisoría para la diversificación productiva en el trópico. Corporación Colombiana de Investigación agropecuaria CORPOICA. Colombia.
- GONZÁLEZ, J., MOSQUERA, J., TORRENTE, A. 2015. Efecto e impactos ambientales en la producción y aplicación del abono supermagro en el cultivo de sandía. Revista Ingeniería y Región. Colombia. 13 (1): 103 – 111.
- HOYOS, J. 2016. Evaluación del efecto del caldo supermagro sobre almácigos de café (*Coffea arabica* L.) Tesis. Ing. Agrónomo. Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal – UNISARC. Santa Rosa de Cabal, Colombia. 80 p.
- INTAGRI, 2017. La importancia del zinc y su dinámica en el suelo. [En línea]: INTAGRI, (<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal>, 14 ene, 2019).
- JACKSON, M. 1982. Análisis Químico de Suelos. 2 da edición. Editorial Omega S.A. Barcelona, España. 653 p.
- LÓPEZ, R. 2002. Degradación del suelo. Causas, procesos. Evaluación e investigación. 2 da edición. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 280 p.

- LOZANO, P. Z., D. LOBO L. y I PLA S. 2002. Susceptibilidad a la degradación física de Alfisoles de los llanos centrales y occidentales de Venezuela. Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. UCV. [En línea]. Disponible en [www.redpau fpolar.info.re/fagro/V28_1/4A_V28_N1.pdf](http://www.redpau.fpolar.info.re/fagro/V28_1/4A_V28_N1.pdf) (octubre 2009).
- MANCO, E. 2006. Cultivo de sacha inchi. Ministerio de agricultura, Instituto nacional de investigación y extensión, INIA. San Martín, Perú. 11 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2012, cultivo de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), Boletín técnico. Lima, Perú. 20 p.
- MOLINA, E. y ROJAS, A. 2005. Efecto del encalado en el cultivo de naranja valencia en la zona norte de Costa Rica. [En línea]: MAG, (<http://www.mag.go.cr/ver agr/inicio.pdf>.20 Jun.2009).
- NAVARRO, G. 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal. 2 da edición. Editorial Mundi Prensa. España. 76 p.
- ORTIZ, S. M. DE LA L., M. ANAYA G. y J. W. ESTRADA B. W. 1994. Evaluación, cartografía y políticas de la degradación de la tierra, Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo, Comisión Nacional de las Zonas Áridas. Texcoco, estado de México, México. 161 p.
- OSORIO, C. 2006. Efecto de la roca fosfórica, dolomita y cal sobre el pH, la acidez cambiante, el contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio en un suelo muy ácido de Satipo. Instituto de Investigación – Facultad de Ciencias Agrarias Satipo. [En línea]: UNCP,

(<http://www.uncp.edu.pe/ci/proyectos/trabajos/SATIPO-EFECTO%20DE%20LA%20ROCA%20FOSFORICA,%20DOLOMITA%20Y%20CAL.pdf,01> may.2009).

PAITAN, s.d. Adaptabilidad del cultivo de sachá inchi en el valle de Jequetepeque – La Libertad. Perú. 38 p.

PAVINATO, P., MULLER, M., MEERT, L., KOLLN, O., MICHALOVICZ, L. 2008. Doses de biofertilizante foliar Supermagro nas culturas da soja e milho. Universidade Estadual do Centro Oeste. Guarapuava, Para, Brasil. 4 p.

PEDRAZA, A., PEREZ, M., CORTES, I., ARIAS, L. 2011. Evaluación de un biofermento de preparación local para el abonamiento orgánico del tornillo (*Thymus vulgaris*) romero (*Rosmarinus officinalis*) y orégano (*Origanum vulgare*). Rev. Facultad de Ciencias Básicas. Bogotá. 7(1):10-31.

PORTA, C. J., LOPEZ-ACEVEDO. R. M. 2005. Agenda de campo de suelos. Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 541 p.

PROYECTO PERUBIODIVERSO – PPB. 2009. Manual de producción de sachá inchi, para el biocomercio y la agroforestería sostenible. Cooperación alemana para el desarrollo (GTZ). Ministerio de comercio exterior y turismo. 1 era edición. Lima, Perú. 52 p.

- QUIROS, S., GONZÁLES, M. 1979. Neutralización del aluminio intercambiable y aprovechamiento del fósforo en tres suelos de Costa Rica. *Agronomía costarricense (C.R)* 3(2):137 – 149.
- RESTREPO, J. 2009. Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca. Manual práctico: ABC de la agricultura orgánica y panes de piedra. 1 era edición. Editorial Feriva S.A. Cali, Colombia. 108 p.
- SILVA, M., AZEVEDO, M., SILVA, M., FERNANDES, J., MONTEIRO FILHO., A. 2011. Análise de crescimento não destrutiva das plantas de feijão branco adubadas com biofertilizante supermagro. *Cadernos de Agroecologia*. Fortaleza. 6 (2):1-5.
- USDA. 1998. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Tra. LUTERS A., SALAZAR J.CNIA – Argentina. 88 p.
- ZAVALETA, G. 1992. Edafología. El suelo en relación con la producción. Consejo Nacional de Concentración y Tecnología. CONCYTEC. Lima – Perú.

ANEXO

Anexo 1. Registro de los parámetros evaluados

Cuadro 24. Valores promedios de altura de planta y diámetro de tallo de los
plantones de *P. volubilis* L., al final de las evaluaciones.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)
T0R1	25.34	4.47
T0R2	19.63	4.62
T0R3	19.49	4.61
T0R4	21.82	4.40
T1R1	22.01	4.42
T1R2	23.18	4.60
T1R3	22.63	4.53
T1R4	22.69	4.49
T2R1	22.85	4.42
T2R2	24.07	4.36
T2R3	22.51	4.41
T2R4	22.37	4.43
T3R1	21.55	4.27
T3R2	22.15	4.34
T3R3	22.34	4.34
T3R4	22.65	4.39
T4R1	21.38	4.37
T4R2	20.62	4.39
T4R3	20.07	4.28
T4R4	22.05	4.38
T5R1	20.41	4.15
T5R2	19.66	4.13
T5R3	19.47	4.18
T5R4	19.64	4.21
T6R1	19.75	4.20
T6R2	20.13	4.19
T6R3	18.86	4.19
T6R4	20.51	4.37

Cuadro 25. Valores promedios de peso fresco y seco de la parte aérea y radicular de los plantones de *P. volubilis* L., al final de las evaluaciones.

Tratamiento	P. fresco parte aérea (g)	P. fresco de la raíz (g)	P. seco de la parte aérea (g)	P. seco de la raíz (g)
T0R1	3.07	2.49	1.8	1.07
T0R2	2.3	3.01	2.19	1.02
T0R3	3.72	3.76	3.21	1.91
T0R4	4.72	3.04	3.2	1.11
T1R1	3.25	2.73	3.06	1.6
T1R2	2.75	2.98	2.55	1.49
T1R3	4.61	2.86	3.61	1.83
T1R4	4.33	2.91	3.57	1.7
T2R1	2.95	2.98	2.7	1.45
T2R2	4.09	2.23	2.58	1.63
T2R3	3.19	2.71	2	1.36
T2R4	4.66	2.82	3.18	1.78
T3R1	2.996	1.55	2.02	0.91
T3R2	3.52	1.98	3.03	1.06
T3R3	4.4	2	0.95	1.08
T3R4	6.41	1.57	1.41	1.17
T4R1	6.12	2.48	1.36	1.8
T4R2	6.05	2.15	0.88	1.27
T4R3	5.16	2.05	1.15	1.54
T4R4	3.685	1.775	1.57	0.92
T5R1	3.14	1.99	1.78	0.91
T5R2	6.09	2	1.26	1.16
T5R3	5.98	2.09	0.91	1.1
T5R4	5.28	2.39	1.07	1.69
T6R1	4.71	1.7	1.77	1.38
T6R2	4.25	1.92	0.88	1.42
T6R3	4.33	2.2	0.92	1.51
T6R4	3.625	2.215	0.865	0.99

Cuadro 26. Valores promedios de área foliar (cm²) de los plantones de *P. volubilis* L., al final de las evaluaciones.

Tratamiento	Hoja 1	Hoja 2	Hoja 3	Hoja 4	Hoja 5	Hoja 6	Hoja 7	Hoja 8	Hoja 9	Hoja 10	Hoja 11	Hoja 12	Total cm2
T0R1	169.5	50.5	74.5	40.5	18.5								353.5
T0R2	161.5	166.5	142.5	130									600.5
T0R3	141.5	130	142.5	47	139.5	161.5	136	110	117.5				1125.5
T0R4	118	28.5	146	112.5	55								460
T1R1	74.5	71	192	83	134.5	111							666
T1R2	143	131	247.5	41	24	37.5	218.5	115	79	93			1129.5
T1R3	178.5	152.5	161	201	140	63.5	40						936.5
T1R4	173	133.5	19	128	138	73	73.5	66					804
T2R1	149	101.5	151	158.5	128.5								688.5
T2R2	111.5	55.5	64	141	134.5	71	98						675.5
T2R3	109	104	39.5	98.5	135.5								486.5
T2R4	177	80.5	61	69.5	54.5	47.5							490
T3R1	116	118.5	80.5	81	96.5								492.5
T3R2	190.5	86.5	87.5	127	167.5	143	112.5						914.5
T3R3	145	127.5	147.5	82.5	94.5								597
T3R4	173	162.5	116	112	59.5	99							722
T4R1	126	61.5	126	148	146	96	111.5						815
T4R2	112.5	49	88	115	80	168.5	91	82.5	96.5	69.5	45	70.5	1068
T4R3	231.5	154	193.5	143.5	108	63	58						951.5
T4R4	188.5	114.5	72	73	36.5								484.5
T5R1	216.5	183	113.5	45	20	111.5	192						881.5
T5R2	183	166.5	141.5	21	130.5								642.5
T5R3	168	182.5	126.5	95	12.5	80.5							665
T5R4	70.5	152	75										297.5
T6R1	257	119	110.5	68.5	87								642
T6R2	134.5	118.5	97	89.5	62.5								502
T6R3	142.5	89	153	123.5	82.5	126.5	53.5	146.5	54.5	16.5	134.5		1122.5
T6R4	114	92.5	79	171	111	69	14						650.5

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 3. Elaboración del biofertilizante supermagro.



Figura 4. Mezcla de los ingredientes para la elaboración del biofertilizante.



Figura 5. Acondicionamiento y siembra de las semillas de *P. volubilis* L. en la cama almaciguera.



Figura 6. Plántulas de *P. volubilis* L., a los 17 días de siembra.



Figura 7. Evaluación de los parámetros biométricos durante la investigación.



Figura 8. Síntomas visuales de toxicidad mineral.



Figura 9. Verificación del desarrollo del trabajo de investigación.



Figura 10. Determinación del peso fresco de la parte aérea y radicular del cultivo de *P. volubilis* L.

Anexo 3. Análisis microbiológico del biofertilizante supermagro.



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
 Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO

Muestra 1 : Biofertilizante- Super magro
Procedencia : Tingo María
Atención a : Bach. José Grandez Gongora
Fecha recepción : 11/11/2016
Análisis realizado

- Enumeración de Microorganismos Aerobios Viables.
- Enumeración de fungi (mohos y levaduras).
- Enumeración de actinomicetos
- Aislamiento de bacteria, hongos y actinomicetos.

RESULTADOS:

Determinación	Resultado	Valor referencial (suelos)
Enumeración de Microorganismos Aerobios Viables.	48 x 10 ³ UFC/mL	3 – 7 x10 ³ m.o/g
Enumeración de fungi (Mohos y Levaduras).	22 x 10 ³ UFC/mL	1 – 3 x10 ³ m.o/g
Enumeración de Actinomicetos	83 x 10 ³ UFC/mL	2 – 3 x10 ³ m.o/g

Microorganismos aislados:

- **Bacteria:** *Bacillus sp, Enterobacter aerogenes, staphylococcus áureos, pseudomona sp.*
- **Actinomicetos:** *Actinomyces sp.*
- **Fungi:** *Aspergillus sp, Geotrichum sp, penicillon sp.*

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número moderadamente alto de microorganismos aerobios viables, actinomicetos y fungi.

Tingo María, 25 de diciembre del 2016



Dr. M. B. C. S. López López
 Laboratorio Microbiología General

Anexo 4. Análisis químico del biofertilizante supermagro.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Telef. (062) 562342 - Celular 941531359 - Apto. 156

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:			GRANDEZ GONGORA JOSE A.						PROCEDENCIA:		TINGO MARIA							
Datos de la muestra			Porcentaje						PPM (mg / Litro de biol)									
			Materia Seca (%)	Humedad (%)	Ceniza en base húmeda (%)	Materia Orgánica en base húmeda (%)	N (base húmeda) (%)	N (base seca) (%)	P ₂ O ₅ g/L biol	Ca mg/L biol	Ca mg/L biol	K mg/L biol	Mg mg/L biol	Cu mg/L biol	Fe mg/L biol	Zn mg/L biol	Mn mg/L biol	
Código	Tipo	Referencia																
M0815	biol	M1	9.73	90.27	--	--	0.16	1.60	1.54	935	2190	895	1405	147	27	2690	894	

MUESTREO POR EL SOLICITANTE

RECIBO N° 0481207

FECHA : 15 de noviembre 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS
Miguel Huaya Rojas
M.Sc. Bgo. Miguel Huaya Rojas
JEFE

Anexo 5. Análisis físico-químico inicial del sustrato para los plántones de *Plukenetia volubilis* L.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

AV. UNIVERSITARIA S/N - TINGO MARIA - CELULAR 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS DE SUELOS

PROCEDENCIA:		SUPT - LEONCIO PRADO - HUANUCO				SOLICITANTE:				GRANDEZ GONGORA JOSE ANTONIO													
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA		ANALISIS MECANICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%	
		CULTIVO	SECTOR	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura	1:1	%	%	ppm		ppm	Ca	Mg	K	Na	Al		H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Set. Al
69	S0069	PURMA	VISTA ALEGRE	35.68	53.04	11.28	Arcilloso	5.93	2.41	0.11	2.49	148.93	5.04	3.97	0.78	0.20	0.08	--	--	--	100.00	0.00	0.00

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO N° 0486631

FECHA : 01/02/2017



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LAB. ANALISIS DE SUELOS
M.Sc. Btgo. Miguel Huayra Rojas
JEFE

Anexo 6. Análisis físico-químico final del suelo empleado como sustrato para los plantones de *Plukenetia volubilis* L.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

AV. UNIVERSITARIA S/N - TINGO MARIA - CELULAR 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS DE SUELOS

<u>SOLICITANTE:</u>		GRANDEZ GONGORA JOSE ANTONIO											<u>PROCEDENCIA:</u>		SUPTO SAN JORGE - RUPA RUPA - LEONCIO PRADO								
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA		ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
		REF	CULTIVO	Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	ppm	ppm		Ca	Mg	K	Na	Al	H		Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
670	S0670	M1	SACHAINCHI	12	65	23	Arcilloso	5.00	1.22	0.05	0.80	69.97	----	3.19	0.49	--	--	6.82	0.11	10.62	34.68	65.32	64.25

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO N° 0502965

FECHA: 19 DE MAYO DEL 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LAB. ANALISIS DE SUELOS

Ing° Luis G. Mansilla Minaya
JEFE

