

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

“Efecto de preparados microbianos en la calidad de sustrato y biomasa de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) en condiciones de invernadero como una alternativa sostenible, en la E.E.A. El Porvenir, Juan Guerra, 2018”

Por:

Abel Nicolas Panduro Peñaherrera

Asesor

Mg. Carmelino Almestar Villegas

Tarapoto, abril del 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Carmelino Almestar Villegas, de la Facultad de **Ingeniería y Arquitectura**, Escuela Profesional de **Ingeniería Ambiental**, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“EFECTO DE PREPARADOS MICROBIANOS EN LA CALIDAD DE SUSTRATO Y BIOMASA DE SACHA INCHI (*PLUKENETIA VOLUBILIS L.*) EN CONDICIONES DE INVERNADERO COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE, EN LA E.E.A. EL PORVENIR, JUAN GUERRA, 2018”**, constituye la memoria que presenta el **Bachiller Abel Nicolas Panduro Peñaherrera** para aspirar al título de Profesional de **Ingeniero Ambiental**, ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Tarapoto, a los 17 días del mes de abril del año 2019.



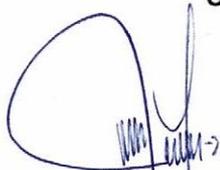
Ing. Carmelino Almestar Villegas

“Efecto de preparados microbianos en la calidad de sustrato y biomasa de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en condiciones de invernadero como una alternativa sostenible, en la E.E.A. El Porvenir, Juan Guerra, 2018”

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Ing. Manuel Nemecio Toribio Yalico
Presidente



Ing. Ivone Vásquez Briones
Secretaria



Ing. Henry Carbajal Mogollon
Vocal



Ing. Carmelino Almestar Villegas
Asesor

Tarapoto, 12 de abril de 2019

Dedicatoria

Mientras escribo estas palabras, escucho algunos temas en piano. Cada vez que paso a otro tema, hay muchos recuerdos pasando por mi mente. Es quizás una de las partes más complicadas de esta estructura, no porque no sepa qué decir, sino porque sé exactamente por dónde debo empezar y mis ojos se llenan de lágrimas al ver que esto es una realidad; mis manos tiemblan recordando lo duro y difícil que fue culminar con este trabajo.

En la vida uno tiene sueños y se traza metas, pero no sabemos cuándo se llegarán a realizar. Hay muchas cosas que hubiera querido que se hagan a mi modo, pero Dios demostró que tenía mejores planes esperando para mí. Cuando me encontraba agotado, desanimado y a punto de abandonar todo, se mostró de muchas maneras, siendo una de las tantas, estos dos versículos: “Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas” (Josué 1:9) / “Por nada estéis afanosos, sino sean conocidas vuestras peticiones delante de Dios en toda oración y ruego, con acción de gracias. Y la paz de Dios, que sobrepasa todo entendimiento, guardará vuestros corazones y vuestros pensamientos en Cristo Jesús.” (Filipense 4:6-7) - Perdón si parece que me estoy desviando, pero es muy necesario que Dios sea justamente reconocido, ya que es lo mínimo que puedo hacer. Sin Él no estuviera donde estoy justo en este momento.

Al igual que mi madre, Consuelo Peñaherrera Saldaña, uno de los grandes pilares que me sostuvo todo este tiempo. Su sacrificio, amor, seguridad, confianza y entrega para sacar a nuestra familia a delante fueron una de mis grandes motivaciones.

A la memoria de mi padre, Orizon Panduro Vásquez. Más que mi padre, fue mi gran amigo y maestro de la vida. El trabajo que ambos hicieron en mí, hoy dio uno de sus frutos. Esta tesis es dedicada para ustedes.

Agradecimiento

Seguro será un típico “Agradezco a Dios...”; y es que en realidad es así. A Él le debo todo lo que soy y todo lo que tengo. Gracias a Él pude encontrar paz y gozo en medio de las duras pruebas durante mi caminar diario y el desarrollo de esta tesis. Cuando todo parecía desfallecer, su fidelidad, bondad y amor siempre se mostraron para conmigo. Sin merecer nada, me lo dio todo. Me puso en los lugares en donde exactamente tenía que estar, al igual que con las personas indicadas para llevar a cabo este logro y poder culminarlo con éxito. Gracias a Él por haberme dado una madre que me ama, me apoya, cree y confía mucho en mí. Demostrándome todo esto, en su constancia y palabras de ánimo, durante el desarrollo de este trabajo. Gracias a ella, porque me sigue apoyando no solamente con esto, sino en las decisiones que tomé y que pueda tomar en el transcurso de mi vida. Gracias a mi padre por apoyarme en todos los sentidos, que aún en sus últimos días en pie, siempre me decía: “No te rindas hijo, saldremos de esta. Sólo es el inicio para algo grande”. Es algo que llevaré presente hasta que sea momento de darme un descanso.

Al parecer la lista puede resultar larga, pues familiares y amigos de una u otra forma se unieron para apoyarme y llegar hasta aquí. Gracias por darme la mano cuando lo necesitaba. Y qué decir de la parte técnica y el cerebro que dio origen y como resultado este logro:

Al Gobierno Regional de San Martín, a través de la Dirección Regional de Agricultura San Martín (DRASAM), con el proyecto “Mejoramiento del Servicio de Competitividad de la Cadena de Valor de Sacha Inchi a los productores en cuatro provincias de la Región San Martín”; y a su vez el apoyo del equipo técnico y logístico del mismo. Encargados de financiar y hacer posible esta tesis.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - Estación Experimental Agraria “El Porvenir – San Martín”; como representante al Ing. Lucas García Bartra; por facilitar los ambientes e instalaciones para desarrollar los ensayos.

Al equipo técnico del área de Mejoramiento Genético y Manejo Integrado de la Estación Experimental Agraria “El Porvenir – San Martín”; en especial al Ing. Percy Díaz Chuquizuta que fue mi co-asesor y Royer Panduro Cárdenas, amigos y compañeros de trabajo; su apoyo en todos los sentidos fue crucial de inicio a fin en esta tesis.

Y finalmente en representación de la Universidad Peruana Unión - Filial Tarapoto, destaco el apoyo de mi asesor - Ing. Carmelino Almestar Villegas. Su tiempo, paciencia, desprendimiento y dedicación brindada, fueron pieza clave para poder culminar con éxito esta tesis.

Índice

Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
Capítulo I	14
Introducción	14
1.1. Identificación del problema de investigación	14
1.2. Objetivos.....	14
1.2.1. Objetivo general	14
1.2.2. Objetivos específicos	15
1.3. Justificación	15
1.4. Presuposición filosófica.....	15
Capítulo II	17
Revisión de Literatura	17
2.1.Fundamentos del objeto de estudio.....	17
2.1.1.Generalidades sobre el sachá inchi	17
2.1.2.Sustentabilidad o desarrollo sostenible.....	17
2.1.3.Definición de Sustrato.....	18
2.1.4.Microorganismos benéficos del suelo	19
2.1.5.Microorganismos de montaña (MM)	20
2.1.6.Microorganismos eficientes (EM).....	22
2.1.7.Frecuencia de aplicación, tiempo de activación y dosis de EM y MM	24
2.1.8.Definición de biomasa.....	24
2.1.9.Calidad de Planta.....	25
2.1.10.Características morfológicas.....	26
2.1.11.Invernadero	31

2.2.Marco Legal.....	32
2.3.Antecedentes de la investigación	32
Capítulo III	36
Materiales y Métodos	36
3.1 Descripción del área de estudio.....	36
3.2 Diseño de la investigación	37
3.3 Formulación de hipótesis	38
3.4. Identificación de variables	38
3.4.1.Variable independiente.....	38
3.4.2.Variable dependiente	39
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	40
3.5.1.Técnicas de recolección de datos	40
3.5.2.Instrumentos de recolección de datos.....	40
3.6.Validación de instrumentos	40
3.7.Procesamiento de los datos.....	40
3.8.Materiales y equipos	41
3.9. Procedimiento.....	42
3.9.1.Obtención y recolección de material biológico	42
3.9.2.Preparación de microorganismos de montaña.....	43
3.9.3.Activación de los preparados microbianos.....	43
3.9.4.Preparación del sustrato y llenado de bolsas	43
3.9.5.Pre-germinación de semillas de Sacha Inchi.....	44
3.9.6.Repique de semillas de Sacha Inchi	44
3.9.7.Aplicación de microorganismos.....	44
3.9.8.Determinaciones analíticas de la calidad del sustrato	45
3.9.9.Evaluación de las plántulas	45

Capítulo IV	48
Resultados y discusión.....	48
4.1 Resultados.....	48
4.1.1 Calidad físico-química del sustrato para el desarrollo de Sacha Inchi.....	48
4.1.2 Análisis de la calidad microbiológica del sustrato	49
4.1.3 Biomasa y características morfológicas de Sacha Inchi.....	50
4.1.4 Parámetros de calidad de la plántula.....	68
4.2 Discusión	71
4.2.1 Análisis de las propiedades físico-química del sustrato.....	71
4.2.2 Análisis de la calidad microbiológica del sustrato	73
4.2.3 Análisis de la biomasa y características morfológicas	74
4.2.4 Análisis de la calidad de la plántula	76
Capítulo V	77
Conclusiones y recomendaciones	77
5.1. Conclusiones	77
5.2. Recomendaciones.....	78
Referencias.....	80
Anexos.....	89

Índice de Tablas

Tabla 1. Descripción de los tratamientos del estudio	38
Tabla 2. Calidad físico-química del sustrato	48
Tabla 3. Resultados microbiológicos del sustrato	49
Tabla 4. ANOVA del peso seco aéreo	50
Tabla 5. Prueba de comparaciones múltiples Tukey.....	51
Tabla 6. ANOVA del peso seco radicular	52
Tabla 7. Prueba de comparaciones múltiples Tukey.....	52
Tabla 8. ANOVA del peso seco total.....	54
Tabla 9. Prueba de comparaciones múltiples Tukey.....	54
Tabla 10. ANOVA de la Relación Peso seco aéreo/Peso seco radicular	55
Tabla 11. Prueba de comparaciones múltiples Tukey.....	56
Tabla 12. ANOVA del diámetro	57
Tabla 13. Prueba de comparaciones múltiples Tukey.....	58
Tabla 14. ANOVA de la altura	59
Tabla 15. Prueba de comparaciones múltiples Tukey.....	60
Tabla 16. ANOVA del incremento de diámetro.....	61
Tabla 17. ANOVA del incremento de altura de las plántulas.	62
Tabla 18. ANOVA del área foliar de las plántulas.	63
Tabla 19. ANOVA de número de raíces.	64
Tabla 20. Prueba de comparaciones múltiples Tukey.....	65
Tabla 21. ANOVA de longitud de raíz.	66
Tabla 22. Prueba de comparaciones múltiples Tukey.....	67
Tabla 23. ANOVA del índice de esbeltez.....	68
Tabla 24. Prueba de comparaciones múltiples Tukey.....	69
Tabla 25. ANOVA del índice de calidad de Dickson	70
Tabla 26. Prueba de comparaciones múltiples Tukey.....	70

Índice de Figuras

Figura 1. Flujograma para la elaboración de biofertilizante MM	22
Figura 2. Beneficios edáficos del uso de EM.....	23
Figura 3. Ubicación del área de estudio	37
Figura 4. Distribución de los tratamientos en el DCA.....	38
Figura 5. Peso seco aéreo de las plántulas.....	51
Figura 6. Peso seco radicular de las plántulas	53
Figura 7. Peso seco total de las plántulas	55
Figura 8. Relación Peso seco aéreo/Peso seco radicular de las plántulas	57
Figura 9. Diámetro de plántulas	59
Figura 10. Altura de plántulas	60
Figura 11. Incremento de diámetro	62
Figura 12. Incremento de altura de las plántulas.....	63
Figura 13. Área foliar de las plántulas	64
Figura 14. Número de raíces de plántulas	66
Figura 15. Longitud de raíz de plántulas.....	68
Figura 16. Índice de esbeltez	69
Figura 17. Índice de Calidad de Dickson	71

Índice de Anexos

Anexo 1. Ficha para el registro de diámetro y altura de plántulas de sachá inchi (Plukenetia volubilis L.)	89
Anexo 2. Ficha para el registro de los parámetros de calidad de la planta y biomasa.	90
Anexo 3. Resultado del Análisis fisicoquímico del sustrato: T0 - Testigo.....	91
Anexo 4.Resultado del Análisis fisicoquímico del sustrato: T1 – EM1.....	92
Anexo 5. Resultado del Análisis fisicoquímico del sustrato: T2 - MM.....	93
Anexo 6. Resultado del Análisis fisicoquímico del sustrato: T3 – MM+Neem.....	94
Anexo 7. Resultado del Análisis microbiológico del sustrato: Bacteria aerobias heterotróficas.....	95
Anexo 8. Panel fotográfico	96

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de preparados microbianos en la calidad de sustrato y biomasa de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) en condiciones de invernadero, como una alternativa sostenible, en la E.E.A. El Porvenir, Juan Guerra, 2018; para ello se seleccionó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA), con 4 tratamientos (Testigo, EM-1, MM y MM+Neem) y 4 repeticiones, teniendo así un total de 16 unidades experimentales. Cada unidad experimental fue conformada por 16 plántulas de sachá inchi, haciendo un total de 256 plántulas. Las variables evaluadas fueron: diámetro, altura, área foliar, longitud de raíz, número de raíces, incremento de diámetro y altura, peso seco aéreo, peso seco radicular, relación peso seco aéreo/peso seco radicular, peso seco total, índice de esbeltez e índice de calidad de Dickson. Con respecto a la calidad física del sustrato, los cuatro tratamientos tuvieron igual clase textural e igual densidad aparente. El T3 fue el más adecuado para el desarrollo de las plántulas de sachá inchi referente a la calidad química. Por otra parte, la mayor población de bacterias aerobias totales heterotróficas se encontraron en la muestra de sustrato del T2 (1.61×10^{10} UFC/g de suelo). Con respecto a la biomasa, el mayor y la mejor relación de pesos se obtuvo con el T2. Asimismo, en cuanto a las características morfológicas, el T1 y T2 resultaron ser una excelente alternativa, El mejor índice de Esbeltez se obtuvo con el T2. Finalmente, el mejor valor de índice de calidad de Dickson, lo obtuvieron los tratamientos T1, T2 y T3, con un valor igual a 0.2; demostrando así que la incorporación de los microorganismos, influyen de manera significativa y benéfica en la mejora de la biomasa, parámetros de calidad y características de las plantas de sachá inchi.

Palabras clave: Sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*), Microorganismos de montaña, Microorganismos eficientes, invernadero, sostenible.

Abstract

.The objective of the present investigation was to evaluate the effect of microbial preparations on the quality of substrate and biomass of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) under greenhouse conditions, as a sustainable alternative, in the E.E.A. El Porvenir, Juan Guerra, 2018; for this, a completely randomized experimental design (DCA) was selected, with 4 treatments (control, EM-1, MM and MM + Neem) and 4 repetitions, thus having a total of 16 experimental units. Each experimental unit was made up of 16 sachá inchi seedlings, making a total of 256 seedlings. The variables evaluated were: diameter, height, leaf area, root length, number of roots, increase in diameter and height, aerial dry weight, dry root weight, air dry weight / dry root weight ratio, total dry weight, slenderness index and Dickson's quality index. With respect to the physical quality of the substrate, the four treatments had the same textural class and the same apparent density. T3 was the most suitable for the development of sachá inchi seedlings related to chemical quality. On the other hand, the largest population of heterotrophic total aerobic bacteria were found in the substrate sample of T2 (1.61×10^{10} CFU / g of soil). With respect to biomass, the highest and the best weight ratio was obtained with T2. Also, regarding the morphological characteristics, the T1 and T2 turned out to be an excellent alternative. The best slenderness index was obtained with the T2. Finally, the best value of the Dickson quality index was obtained by treatments T1, T2 and T3, with a value equal to 0.2; demonstrating that the incorporation of microorganisms, influence significantly and beneficially in the improvement of biomass, quality parameters and characteristics of sachá inchi plants.

Keywords: Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), Mountain microorganisms, efficient microorganisms, greenhouse, sustainable.

Capítulo I

Introducción

1.1. Identificación del problema de investigación

Actualmente el manejo del cultivo de sachá inchi en fase de invernadero se realiza con insumos sintéticos, debido a la incipiente aplicación de técnicas biológicas y orgánicas para su producción en la Región San Martín, las cuales no son sostenibles a largo plazo.

Al alterarse el hábitat de los microorganismos por actividades antropogénicas, también se disminuye la capacidad del sustrato para poner a disposición los nutrientes de las plantas, debido a prácticas inadecuadas como la aplicación de fertilizantes químicos que tienen beneficios de rápida asimilación, obteniendo altos rendimientos en la producción, sin embargo, éstos no son sostenibles en el tiempo, porque en su composición presentan elementos xenobióticos que se acumulan en el sustrato, iniciando un proceso de degradación, perjudicando de esta manera la salud de las poblaciones de microorganismos. Por esta razón, es de suma importancia establecer sistemas de manejo que no modifiquen los componentes del sustrato, de tal manera que comprometan su sustentabilidad (Figuereido, Vinhas & Marciano, 2010). Por esta razón la presente investigación busca responder la siguiente interrogante: ¿Qué efecto tienen los preparados microbianos en la calidad de sustrato y biomasa de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en condiciones de invernadero como una alternativa sostenible?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de preparados microbianos en la calidad de sustrato y biomasa de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en condiciones de invernadero, como una alternativa sostenible, en la E.E.A. El Porvenir, Juan Guerra, 2018.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar el efecto de preparados microbianos en la calidad físico, química y microbiológica del sustrato para el desarrollo de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) en invernadero, como una alternativa sostenible.
- Evaluar el efecto de preparados microbianos en la biomasa y características morfológicas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) en invernadero, como una alternativa sostenible.
- Determinar el tratamiento que optimiza los parámetros de calidad de la plántula de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis L.*).

1.3. Justificación

Los sistemas tradicionales de cultivos como el sachá inchi, son cada vez más dependientes en el uso de insumos químicos, desde la producción de plántulas hasta su instalación en campo definitivo, lo cual afecta negativamente al agroecosistema, alterando el equilibrio de las comunidades bióticas. Frente a esto, la agricultura orgánica con el uso de microorganismos, se presenta como una alternativa amigable con el ambiente, para garantizar la conservación de los recursos naturales y la seguridad alimentaria en la región. En tal sentido, el presente proyecto surge con la finalidad de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato, para obtener una planta con mejores características.

Los resultados de esta investigación permitirán adoptar prácticas sostenibles por parte de los agricultores, investigadores y emprendedores de la región San Martín que se familiarizan con este cultivo. Así mismo la información de este estudio servirá para mejorar la calidad de vida del productor que opte por esta alternativa, ya que un producto orgánico tiene más valor y aceptación en el mercado.

1.4. Presuposición filosófica

Génesis 2:15 establece “Tomó pues Jehová Dios al hombre, y lo puso en el huerto de Edén, para que lo labrara y lo guardase” (Reina Valera 1960). El Señor desea que haya

equilibrio en toda la tierra, por esta razón ha encomendado al ser humano la mayordomía de todo lo que existe en el planeta. La presente investigación busca generar metodologías sostenibles para la producción y manejo del cultivo de sachá inchi en condiciones de invernadero; conservando las comunidades edáficas, que mejoran la calidad del sustrato en el que se desarrolla la planta.

Capítulo II

Revisión de Literatura

2.1. Fundamentos del objeto de estudio

2.1.1. Generalidades sobre el sachá inchi

El sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*), es una especie que pertenece a la familia de las Euphorbiaceae. Algunos nombres con los que se conoce a esta especie son: maní del monte, sachá maní o maní del inca (Manco, citado por Merino, Sotero, Del Castillo, Vásquez, Cachique & Vásquez-Ocmín, 2008). Crece desde los 100 m.s.n.m. hasta 1500 m.s.n.m. y desde tiempos antiguos se ha utilizado como alimento para las poblaciones rurales y nativas. La distribución de esta especie en el Perú se ha concentrado en los departamentos de San Martín, Loreto, Huánuco, Ucayali y Madre de Dios.

Santos, Ferreira, Gomes & Maia (2013) indican que esta planta es originaria de la Amazonía peruana. Asimismo mencionan que es una planta semi perenne, trepadora leñosa, con frutos en cápsulas de 30 mm a 50 mm de diámetro. Las semillas varían de 0.8 g a 1.4 g, con aproximadamente 54% de aceite y 27% de proteínas ricas en aminoácidos: cisteína, tirosina, treonina y triptófano.

El interés por el cultivo de sachá inchi se debe al alto porcentaje de ácidos grasos insaturados (omega 3 y omega 6) y proteínas, estas características químicas, hacen que sea indispensable en la dieta.

2.1.2. Sustentabilidad o desarrollo sostenible

La sustentabilidad abarca tres variables o factores, a saber, económica, ambiental y social (Gonçalves, 2011). Ehlers, citado por Gonçalves, (2011) asocia la sustentabilidad a los siguientes factores: mantenimiento de los recursos naturales y de la productividad agrícola a largo plazo, mínimo impacto al ambiente, retorno adecuado [de la riqueza] a los

productores, producción con mínimo uso de insumos químicos, satisfacción de las necesidades alimentarias y atención de las necesidades sociales de las comunidades rurales.

La agricultura sostenible, debe tener las siguientes características: tener efecto negativo mínimo en el ambiente y no liberar sustancias tóxicas o nocivas en la atmósfera, en aguas superficiales o subterráneas; preservar la fertilidad, prevenir la erosión y mantener la salud del suelo; usar el agua de manera que permita la recarga de los acuíferos y mantener las necesidades hídricas del ambiente y de las personas, depender de recursos internos del agroecosistema, valorar y conservar la diversidad biológica y garantizar la igualdad y el acceso a prácticas, conocimientos y tecnologías por los agricultores (Feiden, 2005).

La agricultura sostenible es una técnica amigable con el medio ambiente que garantiza la producción libre de contaminantes. Las poblaciones microbianas son instrumentos fundamentales para el desarrollo de procesos que conducen a la productividad y la estabilidad de agroecosistemas (Shankar & Chandra, 2011).

Ramos (2016) enfatiza que los fertilizantes químicos son los responsables de la reducción de la actividad biológica de los suelos, por esta razón la agroecología promueve el uso de biofertilizantes que sean capaces de regenerar naturalmente la biota edáfica.

2.1.3. Definición de Sustrato

De acuerdo con Noguera y Abad, citado por Patrón (2010), el sustrato es el material sólido natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que puede estar dispuesto en un contenedor, formado por un solo material o por la combinación de varios. El sustrato permite el anclaje del sistema radical y desempeña un papel de soporte para la planta, el cual puede o no intervenir en la nutrición de la planta.

2.1.3.1. Características de un sustrato ideal

El sustrato ideal debe ser estable, es decir, no perder fácilmente sus cualidades físicas. Debe ser ligero, debe tener macroporos que permitan la aireación de las raíces. Este

espacio debe ser un 20 % del volumen total. Su pH debe estar alrededor de 6 a 6.5 que es el óptimo para casi todas las plantas. Este material debe ser estéril, es decir, libre de organismos patógenos. Debe contar con la capacidad de retención de nutrientes. El sustrato debe contener materia orgánica y permitir la retención de agua, sin afectar la aireación (Torres, 2014).

2.1.3.2. Clasificación de los sustratos

De acuerdo con Carlos, citado por Torres (2014) los sustratos se clasifican en:

a) Sustratos orgánicos

Los sustratos orgánicos pueden ser: (1) de origen natural, entre los que se encuentran las turbas; (2) subproductos de la actividad agrícola, la fibra de coco, virutas de madera, paja de cereales, residuos de la industria del corcho, etc. y (3) productos de síntesis, entre los que se encuentran, polímeros no biodegradables como la espuma de poliuretano y el polietileno expandido.

b) Sustratos inorgánicos

Éstos pueden ser: (1) de origen natural, que no requieren de un proceso de manufactura, entre ellos están, arena, grava y tierra de origen volcánico y (2) aquellos que pasan por un proceso de manufactura, como lana de roca, fibra de vidrio, perlita, vermiculita, arcilla expandida, arlita, ladrillo troceado, etc.

2.1.4. Microorganismos benéficos del suelo

Existen muchas alternativas disponibles para mejorar la fertilidad del suelo, una de ellas es la utilización de bacterias fijadoras de nitrógeno como el género *Azotobacter*, que es una bacteria diazotrófica fijadora de nitrógeno de vida libre, con múltiples efectos sobre el crecimiento y producción del cultivo. Esta bacteria ayuda a la síntesis de sustancias reguladoras de crecimiento, como auxinas, citoquininas y ácido giberélico. Asimismo estimula el crecimiento de bacterias rizosféricas, protege las plantas de fitopatógenos,

mejora la absorción de nutrientes y finalmente mejora la fijación biológica de nitrógeno (Dev, Babu & Marahatta, 2015).

2.1.5. Microorganismos de montaña (MM)

2.1.5.1. Composición de los MM

Los Microorganismos de montaña (MM), son especies seleccionadas de microorganismos benéficos, que inoculados al suelo contribuyen a restablecer el equilibrio de la biocenosis edáfica, que muchas veces se ve alterado por las prácticas inadecuadas del manejo en campo. Los MM contribuyen a acelerar la descomposición de los desechos orgánicos en el suelo, lo cual incrementa la disponibilidad de nutrientes para las plantas; reduciéndose de esta manera el uso de fertilizantes sintéticos que eliminan a las comunidades edáficas.

El uso de microorganismos en aplicaciones ingenieriles, es útil para comprender el resultado de variables que determinan el funcionamiento microbiológico del sistema edáfico. La biofertilización del suelo con microorganismos de montaña es efectiva, sin embargo, para optimizar esta estrategia ambientalmente sostenible, se requiere el estudio conjunto de una serie de parámetros (Umaña, Rodríguez, & Rojas, 2017).

2.1.5.2. Beneficios de los MM

Silva, citado por Toalombo (2012), indica que los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades.

De acuerdo con Franco-Correa (2009) los beneficios de las actinobacterias son: mejoran el crecimiento vegetal y producen compuestos bioactivos (antibióticos), con lo cual se disminuye la presencia de plagas. De esta manera se evita el uso de plaguicidas, logrando el cuidado del ambiente.

El uso de MM en suelos, afecta las variables: pH, conductividad eléctrica y respiración del suelo. La aplicación de MM al suelo tiende a mantener la neutralidad del pH del mismo (Castro, Murillo, Uribe & Mata, 2015).

El uso de los MM, genera impactos positivos a nivel de actividad biológica, propiedades químicas del suelo y calidad de las plantas, lo que indica un mejoramiento de la dinámica del suelo. El tiempo de retención del biol, en biorreactor, posterior a la fermentación anaeróbica, que dio los mejores resultados fue de dos semanas (Umaña, Rodríguez & Rojas, 2017).

El tratamiento con MM, se debe aplicar al inicio de la siembra, hasta llevar el suelo a la capacidad de campo, se tendrá en cuenta el tipo de suelo, la infiltración y el punto de marchitez permanente (Umaña, Rodríguez & Rojas, 2017).

Los microorganismos tienen la capacidad de mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Asimismo contribuyen a la reducción de enfermedades y a la rapidez de la descomposición de la materia orgánica. Los beneficios en las propiedades físicas del suelo son: Mejora la estructura, evita la compactación, mejora la porosidad y la infiltración del agua. En cuanto a las propiedades químicas mejora la disponibilidad de nutrientes y los solubiliza, permitiendo de esta manera su absorción por las plantas. Los efectos para las propiedades biológicas son: Controla las poblaciones de microorganismos patógenos del suelo y promueve la diversidad microbiana, propiciando las condiciones para que los microorganismos nativos benéficos se desarrollen (Acosta, 2012).

2.1.5.3. Proceso de elaboración de MM

Para la obtención de MM, Ramos (2016) presenta el flujograma de la Figura 1. El proceso comprende tres fases. Primero se inocula los MM en medio sólido (MMS), luego se activan los MM (MMA) y finalmente se obtiene el biofertilizante MM.

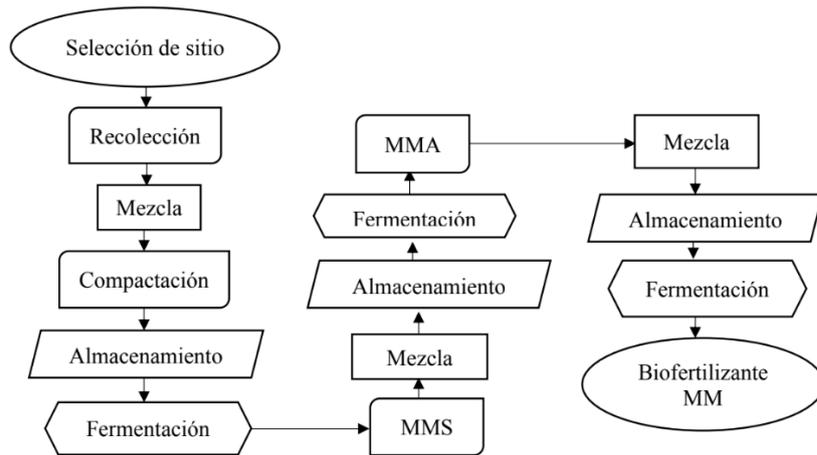


Figura 1. Flujograma para la elaboración de biofertilizante MM

Fuente: Ramos (2016)

2.1.6. Microorganismos eficientes (EM)

2.1.6.1 Definición de EM

Los EM son un cultivo de microorganismos benéficos, estos microorganismos se obtienen de ecosistemas naturales, se seleccionan por sus efectos positivos y su compatibilidad en cultivos mixtos. Gran parte de estos microorganismos se utilizan en la industria alimentaria (Vásquez, 2008).

De acuerdo con Ramírez (2006) los microorganismos eficientes están conformados principalmente por: bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos de fermentación.

Las levaduras producen sustancias antimicrobianas, que son utilizadas como defensivos biológicos por las plantas y hormonas y enzimas, que inducen la división celular. Las bacterias fotosintéticas elaboran aminoácidos, ácidos nucleicos y azúcares que sirven para el crecimiento y desarrollo de las plantas; asimismo disminuyen la producción de gases sulfurosos y amoniacales. Las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico, que se utiliza como un agente esterilizador, impidiendo el desarrollo de microorganismos patógenos; estas bacterias también aceleran la descomposición de la materia orgánica (Acosta, 2012).

2.1.6.2 Beneficios de los EM

Entre los beneficios de los EM están: promueven la germinación, crecimiento, floración y maduración de las plantas cultivadas, mejoran la capacidad fotosintética de las plantas, promueven la descomposición de la materia orgánica, desarrollan la resistencia de plagas y enfermedades de las plantas, mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, reducen patógenos y plagas del suelo, disponibiliza los nutrientes para las plantas y desarrollan inmunidad en las plantas (Vásquez, 2008).

Delgado (2009) menciona que el uso de EM influye positivamente en el control de la enfermedad del tomate *Alternaria solani*. El tratamiento óptimo fue EcoMic + Trichoderma, el cual disminuyó en un 5% la enfermedad en relación al testigo.

En la Figura 2 se muestra algunos beneficios de utilizar EM: mejora la estructura radicular y mejora la descomposición de la materia orgánica.



Figura 2. Beneficios edáficos del uso de EM

Nota. Untreated: suelo no tratado con EM. Treated: suelo tratado con EM

Fuente: Effective Microorganisms (2015).

Asimismo, Coutinho (2011) señala que el uso de EM permite remediar suelos contaminados, neutralizando los metales pesados y los residuos de agroquímicos. Mediante el compostaje también se podrá neutralizar residuos de petróleo.

2.1.6.3 Efecto de EM en las plantas

Los microorganismos que integran los EM producen compuestos como: ácidos orgánicos, hormonas, antibióticos, polisacáridos y vitaminas. Estos compuestos influyen directa o indirectamente en el crecimiento de la planta. El uso de EM se justifica por las siguientes razones: mejora la capacidad fotosintética de la planta, induce el crecimiento radicular, promueve la germinación, florecimiento y fructificación, influye en la maduración de granos y frutos, mejora la calidad de los frutos, disminuye los daños por insectos, promueve la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades (Coutinho, 2011).

La presencia de microorganismos eficientes, entorno de la raíz de la planta, acelera los procesos metabólicos que son capaces de mejorar el desarrollo y crecimiento de las plantas (Reyes & Valery, 2007).

2.1.7.Frecuencia de aplicación, tiempo de activación y dosis de EM y MM

Acosta, (2012) utilizó una frecuencia de aplicación de EM y MM, de una semana, en el tomate. Los MM se encuentran en estado de latencia, por lo que hay que activarlos antes de utilizarlos. La activación se realiza mezclando MM y melaza en la proporción de 1:1 y luego se colocan en agua por un tiempo determinado. Acosta utilizó 3 tiempos de activación: uno, dos y tres semanas en fase anaeróbica (recipiente con cierre hermético). La dosis para los MM fue: 5kg de MM, un galón de melaza y 200L de agua. Para el producto comercial EM la dosis utilizada fue de 25 g/L, la que se eligió en base a recomendaciones técnicas.

2.1.8.Definición de biomasa

Se denomina biomasa a los productos orgánicos de los seres vivos, es decir es el peso de la materia viva (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2012).

La biomasa está compuesta por diferentes tipos de célula, cuya estructura y composición varían con la especie o partes de la planta (Gama, Pereira, Fagundes & Nogueira, 2014).

2.1.9. Calidad de Planta

La calidad de planta se define como la capacidad que tienen las plantas para adaptarse y desarrollarse a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación, y depende de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas utilizadas para su reproducción en vivero (Prieto et al., 2009). Otra definición: es la que reúne las características morfológicas y fisiológicas necesarias para sobrevivir y crecer, en las condiciones ambientales en las que será plantada (Ramírez y Rodríguez, 2004).

El empleo de plantas de calidad, asegura en mayor medida el éxito de las plantaciones o reforestaciones, dicha calidad viene definida a través de una serie de parámetros morfológicos y fisiológicos que tratan de caracterizar a la planta en el momento de su establecimiento y que permitirán un seguimiento más controlado de su comportamiento en el campo (Pardos y Montero, 1997), de tal modo que las plantas de buena calidad se escogen sanos, frondosos y bien formados, de tamaño apropiado en altura y grosor de tallo, con una proporción balanceada entre la parte aérea y la raíz, cualidades que les permiten su establecimiento y crecimiento vigoroso en el sitio de plantación, asegurando la mayor supervivencia (Rodríguez, 2008).

Para lograr plantas con mejores características morfológicas y fisiológicas es necesario el desarrollo de técnicas culturales desde el vivero, el tipo de sustrato, el contenedor a utilizar, la calidad de la semilla, el régimen de nutrición y el manejo adecuado del agua de riego, son los elementos principales para obtener planta de alta calidad y a un precio razonable. El hecho de contar con plantas resistentes al estrés por las condiciones edáficas y climáticas del sitio de plantación, con buena capacidad fotosintética y que disponga de reservas que le permitan iniciar con vigor su crecimiento en el campo, propiciaría el fomento de bosques con calidad (Leyva, 2008).

2.1.10. Características morfológicas

La morfología de la planta es la manifestación de la respuesta fisiológica de la misma a las condiciones ambientales y a las prácticas culturales del vivero, y generalmente es fácil de cuantificar (Birchler et al., 1998).

Los parámetros morfológicos, atributos determinados física o visualmente, son los más utilizados en la determinación de la calidad de la planta y proporcionan una comprensión más intuitiva por parte del viverista. Aun cuando se han realizado algunas investigaciones para mostrar que los criterios que adoptan estas características, son importantes para evaluar el desempeño de las plantas después de su plantación en campo (Gomes et al., 2002), su aplicación no permite responder a las exigencias en cuanto a supervivencia y crecimiento, determinadas por las adversidades encontradas en el campo después de la plantación (Fonseca, 2000 citado por Gomes et al., 2002).

Los atributos morfológicos son el resultado de una serie de respuestas fisiológicas a la disponibilidad de recursos y a los tipos de estrés durante la fase de cultivo. Lo deseable es que la planta alcance los valores máximos, lo cual implica por una parte que el desarrollo de la planta sea grande y que al mismo tiempo las fracciones aérea y radical estén equilibradas (Mexal, 1990; Oliet 2000 citado por Cobas et al., 2001).

La morfología es la manifestación física de las plantas y generalmente los principales atributos físicos son:

a. Altura

Es un buen predictor de la altura futura en campo, pero no para la supervivencia; este parámetro se ha utilizado por mucho tiempo como un indicador de la calidad, aunque se considera insuficiente y es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su utilidad real (Mexal y Landis, 1990). Es fácil de medir pero no es muy informativa por sí sola, ofrece sólo una somera aproximación del área fotosintetizante y transpirante e ignora la arquitectura del tallo (Birchler et al., 1998).

Cuando las condiciones del sitio de plantación son adversas respecto a la vegetación herbácea y arbustiva que rodea a la plántula, es conveniente considerar que tenga una altura suficiente que le permita competir adecuadamente. Aunque la altura de las plantas debe definirse en función de las características del sitio de plantación, en general se considera que en coníferas el rango debe fluctuar entre 15 y 20 cm; sin embargo, especies con crecimiento cespitoso en sus etapas iniciales de vida, como *Pinus engelmannii*, *P. devoniana* (*P. michoacana*) y *P. montezumae*, tienen menor crecimiento en altura, ya que las plantas tienden a crecer más en diámetro que en altura, por lo que la planta sale del vivero con menos de 15 cm (Prieto, et al., 2009).

La altura puede ser manipulada en vivero e invernadero a través de la fertilización y el riego. Correlacionar sólo la altura de la planta con el comportamiento en campo, excluyendo otros parámetros, puede inducir a un error; varios estudios han concluido que la altura inicial de las plantas no se correlaciona, o lo hace de forma negativa con la supervivencia, aunque sí se correlaciona con el crecimiento en altura después de la plantación.

b. Diámetro

Es la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia de la planta en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva, aunque esto varía de acuerdo a la especie (Prieto et al., 2003 y Prieto et al., 2009).

El diámetro es fácil de medir y da una aproximación de la sección transversal del transporte de agua, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo. El diámetro está influenciado por la densidad del cultivo en vivero y puede verse afectado por prácticas culturales como el repicado apical y también se puede mejorar a través de un aumento en la velocidad y la uniformidad en la

germinación (Boyer y South, 1987 citados por Birchler et al., 1998). El diámetro es una medida de la robustez de la planta y se ha considerado como el mejor predictor individual del crecimiento y la supervivencia en campo (Cleary et al., 1978 y Thompson, 1984 citados por García, 2007).

El diámetro permite predecir en gran medida la supervivencia de la planta en campo, especialmente cuando se incluye una estimación de la biomasa de la raíz, aparentemente el diámetro es un buen indicador del comportamiento de la altura y ambos definen la producción de biomasa de la parte aérea y la raíz. En diferentes estudios se ha encontrado que los plantones con diámetro mayor tienen tasas de supervivencia más altas y se indica que ésta aumenta de 5 a 7% por cada milímetro de incremento en el diámetro de los mismos. Una supervivencia alta (> 80%), se logra cuando las plantas tienen de 5 a 6 mm de diámetro (Mexal y Landis, 1990).

c. Sistema radicular

Entre más grande sea el sistema radicular de la planta, tendrá más puntos de crecimiento y mayor posibilidad de explorar el suelo para captar agua y nutrientes; además, incrementará la probabilidad de infección micorrícica (González, 1995). En las raíces finas es donde se concreta la actividad de absorción de agua y nutrimentos al ser más activas y permeables, frente a las gruesas, cuya misión se concreta fundamentalmente en el anclaje de las plantas (Thompson, 1985 citado por Castillo, 2001).

El mejor sistema radicular lo constituye una raíz principal bien conformada, sin deformaciones, abundancia de raíces laterales uniformemente repartidas y de raíces finas o fibrosas donde se da la simbiosis con las micorrizas, las cuales aumentan la superficie de la raíz para absorber agua y nutrientes. Precisamente, una forma sencilla de estimar el nivel de micorrización es a través de la superficie de las raíces finas que están cubiertas por las mismas (Rodríguez, 2008).

El desarrollo del sistema radicular depende del agua que contenga el sustrato, lo que determina su crecimiento y desarrollo. Si una planta recibe agua en abundancia no estimulará demasiado el crecimiento de la raíz, pero si el agua escasea, será necesario que la planta tenga un sistema radical amplio para que sobreviva (Leyva, 2008).

El porcentaje de raíces finas favorece aquellos tratamientos que presentan un nivel de endurecimiento fuerte. Lo anterior está fundamentado en que la planta cuando se desarrolla en un sustrato con abundante agua, disminuye el desarrollo de las raíces finas, pues no presenta limitante alguna para absorber agua del suelo, lo mismo puede suceder cuando las condiciones de humedad son adversas en el sustrato, donde se inhibe el desarrollo de raíces finas.

La inducción de un estrés hídrico moderado al final del periodo vegetativo, detiene el crecimiento en altura, mientras que el diámetro del cuello de la raíz continua creciendo, debido probablemente al crecimiento radical (Leyva, 2008).

d. Peso de la planta

El peso (biomasa aérea y radical) de la planta tiene alta correlación con la supervivencia en campo, con la misma consistencia que el diámetro del tallo o cuello de la raíz. También, el diámetro está fuertemente correlacionado con el peso de la parte aérea y del sistema radical. El peso seco es un indicador efectivo cuando se relaciona el peso seco de la parte aérea con el peso seco del sistema radical (Thompson, 1985; Vera, 1995; Mexal y Landis, 1990).

e. Relación peso seco aéreo/peso seco radicular

La producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero e invernadero. Una relación igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, entonces la biomasa subterránea es mayor que la aérea; al contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es mayor que la subterránea (Rodríguez, 2008), por lo que una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y

2.5 ya que valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta; el cociente de ésta relación no debe ser mayor a 2.5, particularmente cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación (Thompson, 1985).

Una planta de buena calidad debe tener un diámetro de cuello grande, bajo valor de esbeltez (cociente altura/diámetro de cuello), un sistema radical fibroso y un valor alto del cociente biomasa de raíz/ biomasa aérea (Fonseca et al., 2002 citado por García, 2007)

f. Índice de esbeltez (IE)

Es la relación entre la altura de la plántula (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) y debe ser menor a seis y es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos. El menor valor indica que se trata de arbolitos más bajos y gruesos, aptos para sitios con limitación de humedad, ya que valores superiores a seis los dispone a los daños por viento, sequía y helada (Rodríguez, 2008). Asimismo, valores más bajos están asociados a una mejor calidad de la planta e indica que es más robusta y con tallo vigoroso; en cambio valores altos indican una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados (Prieto et al., 2003 y Prieto et al., 2009).

Junto con la altura y el diámetro del cuello de la raíz, la robustez se considera una característica que influye en el desempeño temprano de la plantación. Bajo condiciones favorables, la planta de mayor tamaño generalmente crece mejor que la planta más pequeña; sin embargo, la planta más grande no sobrevive tan bien como la de menor tamaño (Burdett, 1983, Thompson, 1984, Iverson, 1984 y Ritchie, 1984 citados por García, 2007).

Este indicador tiene la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de esbeltez} = \frac{\text{altura de plántula (cm)}}{\text{diámetro de plántula (mm)}}$$

g. Índice de Calidad de Dickson (ICD)

Ya que ninguna de estas características podría por si solas, describir la calidad de planta, Dickson et al., (1960) desarrollaron un índice de calidad que permite evaluar mejor las diferencias morfológicas entre plantas de una muestra y predecir el comportamiento en campo de las plántulas (González et al., 1996). Este índice es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la esbeltez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura pero con mayor vigor (Fonseca et al., 2002 citado por García, 2007). Se basa en utilizar el peso seco total el cual lo relaciona con la sumatoria del índice de esbeltez y de la relación de peso seco aéreo y radicular. Resultados mayores o iguales a 0.2 determinan plantas de buena calidad.

Este indicador tiene la siguiente ecuación:

$$ID = \frac{\text{Peso seco total}}{\frac{\text{altura de plántula (cm)}}{\text{diámetro de plántula (mm)}} + \frac{\text{Peso seco aéreo}}{\text{Peso seco radicular}}}$$

2.1.11. Invernadero

El invernadero así como otros sistemas de protección de cultivos, tales como cortavientos, acolchados, túneles, etc., permiten justamente controlar los factores climáticos en el que se desarrolla el cultivo. Un desarrollo óptimo y equilibrado de los vegetales, depende de la incidencia favorable de factores tales como la temperatura, humedad y luminosidad, entre otros.

En términos generales, se denomina invernadero a aquella estructura de cierta altura, de madera o metal, provista de una cubierta transparente a la luz solar, para que ingrese esta radiación y cumpla con los requerimientos fotosintéticos y de calor, y que, a su vez, deje escapar la menor cantidad de energía, de modo que este balance positivo, permita modificar el ambiente interno a fin de hacer posible y ventajoso el crecimiento y desarrollo de plantas en su interior (Alvarado & Urrutia, 2003).

2.2. Marco Legal

El sexto objetivo nacional del Plan Nacional Bicentenario, referido a recursos naturales y ambiente, indica la necesidad de alcanzar el aprovechamiento racional y sostenible de los recursos naturales, a fin de garantizar la conservación de la biodiversidad y otros recursos para las generaciones futuras, así como el derecho de las personas a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. Bajo el marco de este objetivo, el Plan Bicentenario plantea dos lineamientos de política: (a) Recursos naturales y (b) Calidad Ambiental (Ministerio del Ambiente, 2013).

Asimismo, la Ley N° 29196 - Ley de promoción de la producción orgánica o ecológica, tiene por finalidad promover el desarrollo sostenible y competitivo de la producción orgánica o ecológica en el Perú. Por otro lado, tiene como objetivos específicos: a) Fomentar y promover la producción orgánica para contribuir con la superación de la pobreza, la seguridad alimentaria y la conservación de los ecosistemas y de la diversidad biológica. b) Desarrollar e impulsar la producción orgánica como una de las alternativas de desarrollo económico y social del país, coadyuvando a la mejora de la calidad de vida de los productores y consumidores, y a la superación de la pobreza. c) Definir las funciones y competencias de las instituciones encargadas de la promoción y fiscalización de la producción orgánica. d) Fortalecer el Sistema Nacional de Fiscalización y Control de la Producción Orgánica para garantizar la condición de los productos orgánicos en el mercado interno y externo (Congreso de la República, 2012).

2.3. Antecedentes de la investigación

Acosta (2012) desarrolló un estudio titulado “Microorganismos eficientes y de montaña: evaluación de su potencial bajo manejo agroecológico de tomate en Costa Rica”, en Turrialba, Costa Rica. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de aplicaciones foliares de microorganismos eficientes (EM) y de microorganismos de montaña (MM) en el cultivo del tomate, variedad montaña plus, bajo condiciones experimentales y comerciales, ambos

en invernadero. La activación de los MM se hizo en tres tiempos (1,2 y 3 semanas), mediante un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 12 tratamientos y 5 repeticiones. Se registraron las siguientes variables dependientes: altura, número de flores, números de hojas, número de frutos por planta, color de planta, inicio de las etapas fenológicas, incidencia de enfermedades, severidad de la infección y presencia de insectos. El tratamiento MM-1 fue significativamente superior a los demás tratamientos para los parámetros hoja y flores de la planta. Este resultado muestra el óptimo funcionamiento de los microorganismos de montaña con respecto a los microorganismos eficientes comerciales.

Campo-Martínez, Acosta-Sánchez, Morales-Velasco & Alonso (2014), desarrollaron un estudio titulado “Evaluación de microorganismos de montaña (MM) en la producción de acelga en la meseta de Popayán”, en Colombia. El objetivo de la investigación fue evaluar la capacidad de los microorganismos de montaña (MM) provenientes de tres sistemas agroecológicos (café, potrero y un bosque natural) y microorganismos eficientes comerciales (EM•1®), para la producción de acelga. El experimento se dispuso en un diseño en bloques completos al azar (DBCA), con cinco tratamientos y tres bloques. Se consideró el factor aplicación (1 y 2 veces por semana). Los tratamientos fueron: T1, MM de café; T2, MM de bosque; T3 MM de potrero; T4, EM comerciales y T5, sin aplicación. Las evaluaciones de las variables respuesta se hicieron semanalmente, durante 70 días. Los mejores tratamientos fueron los microorganismos capturados en el sistema café y potrero, con dos aplicaciones por semana. Los MM aplicados, incrementaron la materia orgánica, el pH y el contenido de nitrógeno y potasio del suelo.

Umaña, Rodríguez & Rojas (2017) desarrollaron un estudio titulado ¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como estrategia de biofertilización? Un enfoque de ingeniería de biosistemas, en Costa Rica. El objetivo del estudio fue determinar el potencial de microorganismos de montaña como estrategia de biofertilización de suelos a

partir de un experimento con dos plantas de ciclo de vida corto. Para ello se utilizó un diseño con tres tratamientos de un biol, con tres diferentes tiempos de retención en un biorreactor. El control se irrigó con agua. Después de la cosecha se hizo pruebas físicas, químicas y biológicas del suelo. Asimismo, se evaluó la calidad de los cultivos. El tiempo de retención óptimo fue el de dos semanas (T2), el cual generó un biol con un impacto positivo sobre las variables evaluadas. Estas diferencias significativas en el tratamiento T2, parecen estar relacionado a la dinámica más activa del sistema edáfico con este tratamiento.

López & Estrada (2005), en su trabajo “Los Bioinsecticidas de Nim en el control de plagas de insectos en cultivos económicos. La Habana (Cuba)”, mencionan que en Cuba, la generalización del cultivo del Nim o Neem (*Azadirachta indica*) y el uso de los bioinsecticidas producidos a partir de éste como apoyo al desarrollo de una agricultura sostenible y ecológica, trae consigo la necesidad de validar su efectividad biológica en una gama cada vez más amplia de plagas de interés agrícola. En su trabajo demuestran que con el uso de los productos OleoNim 80 CE, NeoNim 60 CE, CubaNim T, CubaNim SM y FoliarNim HM es posible controlar con eficacia la acción nociva de plagas tales como *Diaphania hyalinata* (L.) en melón, *Empoasca fabae* (Harris) en poroto, *Thrips palmi* (Karny) en pepino en organopónico y bajo condiciones de cultivo protegido, y *Bemisia tabaci* (Genn.) en poroto y tomate. Las efectividades biológicas alcanzadas en estas experiencias, oscilaron entre 75 y 100 %, lo cual confirma la factibilidad del uso de estos bioinsecticidas insertados en el Manejo Integrado de Plagas para una agricultura sostenible.

La utilización del árbol del Nim o Neem (*Azadirachta indica*) como fuente para la obtención de bioinsecticidas, con un amplio espectro de acción en la producción agrícola, contribuirá a su inserción progresiva en el sistema de Manejo Integrado de Plagas (MIP), donde los recursos naturales disponibles en cada país tengan un papel significativo, y favorecerá una producción agropecuaria cada vez más ecológica y autosustentable.

La actividad bioinsecticida del Nim, debido a la presencia principalmente en la semilla de compuestos triterpenos como Azadirachtina, Salanina, Nimbina y otros, y sus modos de actuar sobre los insectos, tales como efecto antialimentario, repelente y regulador del crecimiento, entre otros, han sido descritos por diferentes autores como Brechelt & Fernández (1995); Jacobson (1980) y Parmar & Singh (1993). Por otra parte, Schmutterer (1999), informa que el espectro de acción abarca más de 400 especies de insectos de importancia económica, lo cual ratifica la gran significación que tienen los bioinsecticidas de Nim a escala mundial. En tal sentido, Immaraju (1998), afirma que la Azadirachtina se comercializa en diferentes tipos de formulados, para integrar en programas viables de control de plagas.

En la práctica, se han comprobado las posibilidades de producir por medio artesanal y de tecnología industrial, productos efectivos contra una gama considerable de especies de insectos, ácaros y nemátodos que constituyen plagas de importancia económica en la agricultura, resultando por demás compatibles -en su mayoría- con la entomofauna beneficiosa, los medios biológicos de origen microbiano y otras sustancias naturales. Estrada, J. (2000) y Schmutterer, H. (1994).

Capítulo III

Materiales y Métodos

3.1 Descripción del área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – E.E.A. “El Porvenir - San Martín”, en condiciones de invernadero. El área experimental está ubicada en el distrito de Juan Guerra, provincia y departamento de San Martín. La sede física del INIA, se encuentra en el km. 14.5 de la Carretera Fernando Belaunde Terry, con un área total de 308 ha, en el Tramo Tarapoto-Juanjui (ver Figura 3). Las coordenadas UTM son X: 354877, Y: 9271287 y Z: 223; DATUM WGS 84; zona 18 L. La temperatura media anual varía entre 17°C y 37°C, humedad relativa: 78.05%. La precipitación media anual varía entre 1000 y 1500 mm. El INIA pertenece a la zona Agroecológica Selva Alta Húmeda, franja latitudinal tropical, grupo ecológico bosques secos, zona de vida Bs-T (Bosque seco Tropical), cuenca hidrográfica Mayo – Cumbaza (INIA, 2018).

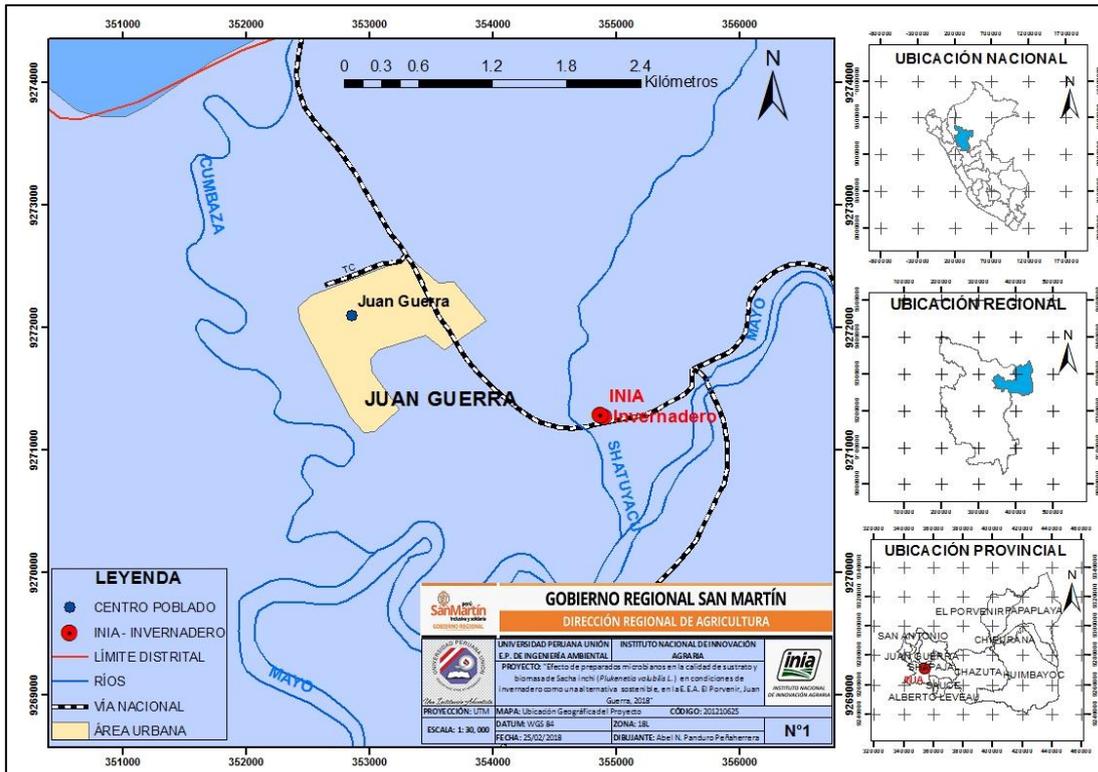


Figura 3. Ubicación del área de estudio

Fuente: Elaboración propia

3.2 Diseño de la investigación

La investigación tuvo un diseño experimental completamente al azar (DCA). El modelo para el análisis estadístico fue el siguiente:

$$Y_i = \mu + \tau_i + \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$$

Y_i : Es la i – ésima observación (variable estudiada)

μ : Es la media general

τ_i : Efecto del i – ésimo nivel de los tratamientos

ε_i : Error experimental

El DCA estuvo formado por 4 tratamientos y 4 repeticiones, teniendo así un total de 16 unidades experimentales. Cada unidad experimental fue conformada por 16 plántulas de sachá inchi, haciendo un total de 256 plántulas, utilizadas para el ensayo. Los tratamientos se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1

Descripción de los tratamientos del estudio

Tratamiento	Descripción	Concentración en volumen	Volumen a preparar (mL)	
			Microorganismos	Agua
T0	Testigo	0%	0	6400
T1	EM-1	5%	320	6080
T2	MM	5%	320	6080
T3	MM + Neem	4%+1%	256 MM + 64 Neem	6080

Fuente: Elaboración propia

La distribución de los tratamientos en el DCA, se muestra en la Figura 4. El espacio entre cada unidad experimental es de 0.30 m.



Figura 4. Distribución de los tratamientos en el DCA

3.3 Formulación de hipótesis

Las hipótesis de la investigación son las siguientes:

Ho: $\mu_i = \mu_j$ Todos los tratamientos (preparados microbianos) tienen el mismo efecto en la calidad de sustrato y biomasa de las plántulas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*), como una alternativa sostenible.

Ha: $\mu_i \neq \mu_j$ Al menos dos de los tratamientos (preparados microbianos) tienen diferente efecto en la calidad del sustrato y biomasa de las plántulas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*), como una alternativa sostenible.

3.4. Identificación de variables

3.4.1. Variable independiente

Concentración de preparados microbianos. Esta variable está conformada por 4 niveles: T0 (Testigo), T1 (EM-1), T2 (MM), T3 (MM + Neem)

3.4.2. Variable dependiente

Las variables a medir fueron dos: calidad de sustrato y calidad de la plántula (biomasa y características morfológicas)

3.4.2.1. Calidad de sustrato

Se analizó la calidad del sustrato: física, química y microbiológica.

- Física: Textura y densidad aparente.
- Química: Nutrientes (N, P, K), materia orgánica, pH y CIC.
- Microbiológica: Enumeración de bacterias heterotróficas (*Azotobacter* Derrix, *Beijerinckia*).

3.4.2.2. Calidad de plántulas de Sacha Inchi (*P. volubilis*)

Para determinar la calidad de plántulas de Sacha Inchi, se utilizaron los siguientes indicadores:

- Diámetro
- Altura
- Área foliar
- Longitud de raíz
- Número de raíces
- Incremento de diámetro
- Incremento de altura
- Peso seco aéreo
- Peso seco radicular
- Relación Peso seco aéreo/Peso seco radicular
- Peso seco total
- Índice de esbeltez
- Índice De Calidad De Dickson

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Para el presente estudio se utilizó la técnica observacional. Esta técnica consistió en el uso de los sentidos y el soporte de instrumentos para realizar las mediciones.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

a) Vernier digital

Este instrumento fue proporcionado por la institución encargada del desarrollo del proyecto. Marca Trupper y grado de precisión de 0.00 mm. Para realizar las mediciones, el instrumento fue calibrado.

b) Regla graduada

Este instrumento fue proporcionado por la institución encargada del desarrollo del proyecto. Se usó para medir la altura de la planta.

c) Medidor de área foliar

Se utilizó la aplicación móvil "Petiole", que facilitó obtener la medida del área foliar en menor tiempo, previa calibración con hojas de sensores para evaluar hojas medianas.

d) GPS

Se utilizó un GPS marca Garmin, Etrex 20 para tomar los puntos del área donde se desarrolló el estudio.

3.6. Validación de instrumentos

La calibración y certificación de los instrumentos fueron realizadas por la institución donde se desarrolló el proyecto.

3.7. Procesamiento de los datos

Se utilizó el análisis de varianza y la prueba Tukey para determinar el tratamiento óptimo. Asimismo, se usaron: la aplicación Excel, SPSS 23, Infostat y el software ArcGIS.

3.8. Materiales y equipos

a) Material de vivero y laboratorio

- Bolsas de polietileno negro para plantones de 1 Kg
- Bolsas de polipropileno (13x19x1)
- Jarras graduadas de 2 L
- Vaso de precipitado de 100 ml
- Bandejas
- Carretillas
- Pala
- Bidón o cilindro de 60 L
- Estufa
- Tijera de podar
- Sobres de manila
- Tela de algodón
- Sacos blancos de polietileno

b) Equipos

- Autoclaves con capacidad de 80 – 100 L

c) Material Biológico

- Microorganismos de montaña
- Microorganismos Eficientes (EM-1)
- Semillas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*)
- Hojas de Neem (*Azadirachta indica*)

d) Insumos

- Polvillo de arroz
- Melaza
- Tierra negra

- Arena
- Montillo

3.9. Procedimiento

3.9.1. Obtención y recolección de material biológico

a) Semillas de Sacha Inchi:

Se obtuvieron de la parcela experimental del C.P. de Bello Horizonte, originarias del ecotipo Mishquiyacu. Los frutos, después de ser recolectados, fueron trasladados en sacos a las instalaciones de la E.E.A “El Porvenir”, donde las semillas fueron extraídas de las capsulas de forma artesanal/manual, utilizando un alambre galvanizado adaptado en una punta plana. Posteriormente se procedió a la selección de las mejores semillas, libres de alguna contaminación patógena o de ser vanas (sin almendras-vacías).

b) Fuentes de inóculo de microorganismos de montaña:

Se recolectaron de la E.E.A. “El Porvenir” - INIA. Para ello se utilizaron sacos y palanas para remover la capa superficial del suelo (5 cm) con la hojarasca en descomposición (montillo). La recolección se realizó en 5 puntos dentro de un área de 50 m². Se recolectaron aproximadamente 1 kg de material por punto.

c) EM -1 (producto comercial)

Se obtuvo por pedidos a laboratorios de proveedores de productos biológicos que se encuentran en la región San Martín.

d) Hojas de neem:

Se recolectaron de plantas adultas, ubicadas en las laderas de las parcelas experimentales de la E.E.A. “El Porvenir” - INIA. Posteriormente fueron llevadas al laboratorio, donde se dejaron secar a T° ambiente por 24 h, para luego preparar un extracto con las mismas.

3.9.2. Preparación de microorganismos de montaña

El material colectado pasó por el proceso de purificación, en el cual se retiraron trozos de tallos no descompuestos, hojas frescas, etc; para evitar procesos no deseados y tener una mejor manipulación del material.

Luego se procedió a preparar, teniendo que mezclar medio saco de polvillo de arroz (15 kg) y un saco de material colectado (fuente de inóculo - 8 kg); el mismo que se homogenizó añadiendo 2 galones de melaza en 1 litro de agua. Hasta tener la textura adecuada.

Después, la mezcla se dividió en una proporción de 2:1. Pasó a fermentación anaeróbica y otra mitad a fermentación aeróbica. Este proceso de incubación duró 7 días, luego se procedió a la activación.

3.9.3. Activación de los preparados microbianos

Luego del proceso de incubación, se procedió a la activación en forma simultánea de los microorganismos nativos y microorganismos eficientes (EM-1) en bidones de 60 L.

En el caso de microorganismos de montaña se tomó 1 litro de aeróbicos + anaeróbico, más 1 litro de melaza en 20 L de agua, y se incubó por 7 días.

En el tratamiento con EM1, se procedió como en el caso anterior con los microorganismos de montaña; siguiendo las recomendaciones técnicas de la empresa de productos orgánicos.

3.9.4. Preparación del sustrato y llenado de bolsas

Se colectó tierra, arena y bosta de vaca (seca) de la E.E.A. El provenir. Todos estos componentes fueron tamizados en una malla, para evitar el pase de elementos no deseados. Antes de llenar las bolsas almacigueras (polietileno), los componentes del sustrato (tierra, arena, y bosta de vaca) se colocaron en bolsas de polipropileno de 8x12x1 de 1.5 kg para ser esterilizados por separado en autoclaves con capacidad de 80 y 100 L. Posteriormente, se realizó la mezcla con tierra, arena, y bosta de vaca (todos esterilizados),

en proporción 2:1:0.5, respectivamente. El sustrato homogenizado fue colocado en bolsas almacigueras (polietileno) de 1 kg.

3.9.5. Pre-germinación de semillas de Sacha Inchi

Las semillas se pregerminaron en bandejas plásticas; previamente fueron lavadas, y sumergidas en hipoclorito de sodio al 1% por 5 minutos, para su desinfección; luego se procedió a su lavado con agua destilada para colocarlas en las bandejas, que en su interior contenieron arena fina blanca esterilizada. Posteriormente las semillas fueron sembradas a un centímetro de distancia cada una y se dejaron ahí hasta la aparición de la radícula, para luego ser llevadas a las bolsas para el repique.

3.9.6. Repique de semillas de Sacha Inchi

Cuando las semillas germinaron, fueron llevadas a las bolsas almacigueras con sustrato para ser introducidas (repicadas), y continuar su desarrollo, para posteriormente realizar las evaluaciones correspondientes.

3.9.7. Aplicación de microorganismos

La aplicación de los preparados microbianos por plántula se realizó de la siguiente manera:

Para el T0 (testigo) se añadió 100 ml de agua sin clorar. Para el T1 (EM-1) 5ml de EM + 95 ml de agua sin clorar. Para el T2 (MM) se añadió 5ml de MM + 95 ml de agua sin clorar y finalmente para el T3 (MM + neem), se aplicó 4.20 ml de MM + 0.80 ml de extracto de neem + 95 ml de agua sin clorar.

Inicialmente se realizó una aplicación de cada tratamiento al sustrato en el día cero, con la finalidad de que los microorganismos se adapten a las condiciones del sustrato

La segunda aplicación se realizó después del repique de las semillas germinadas (a los 10 días) y posteriormente durante cada semana, hasta el inicio de la emisión de la guía (8 semanas).

3.9.8. Determinaciones analíticas de la calidad del sustrato

Para evaluar las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato se pesó una muestra (1kg) de cada componente (tierra, arena y bosta de vaca); posteriormente se tomaron aleatoriamente el sustrato de cuatro plántulas por tratamiento, que luego se mezclaron para obtener una sola muestra del sustrato por tratamiento. Estas muestras se enviaron al laboratorio de suelos y al laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto. La evaluación de cada tratamiento se realizó al finalizar el estudio (45 días).

3.9.9. Evaluación de las plántulas

Las evaluaciones de las plántulas se realizaron después de las aplicaciones de los preparados microbianos al sustrato. Los parámetros a evaluar fueron:

Altura (cm). Se midió con una regla graduada, desde el cuello de la raíz hasta el ápice apical de la planta.

Diámetro (mm). Se obtuvo con un vernier digital con precisión hasta décimas de mm, medido en el cuello de la raíz.

Incremento de altura de planta (cm): Se registró la medición desde el inicio hasta el final del ensayo, desde el nivel del sustrato hasta el ápice apical con una regla graduada. Las mediciones fueron semanales.

Incremento de diámetro del tallo (mm): Se registró la medición inicial y final del diámetro a 0.5 cm del cuello de la planta, con ayuda de un vernier digital, se registraron cada semana. Ambos incrementos se obtuvieron de la fórmula $(M_f - M_i)/N^\circ$ días. El cual fue utilizada por Diaz et al 2013, en mediciones de plantones de Caoba y Cedro en vivero.

Área foliar: Está representada por la superficie de las hojas en cm^2 . Se registró las medidas del par intermedio de hojas verdaderas antes de la emisión de la guía, de 10 plantas seleccionadas de forma homogénea, y al final de la evaluación biométrica se obtuvo

el promedio. Para ello se utilizó la aplicación móvil “Petiole”, que facilitó obtener la medida del área foliar en menor tiempo.

Número de raíces: Se registró al final de las aplicaciones; para ello se tomaron 10 plantas que fueron retiradas del sustrato, sumergiéndolas en un balde con agua para suavizarlo y permitir sacar las plantas enteras, tanto parte aérea como radicular, minimizando las pérdidas de raíces. Se utilizó un contómetro manual para llevar el control del conteo de las raíces.

Longitud de raíz: Para la evaluación de esta variable, se utilizó una regla graduada de aluminio de 1m. Las mediciones se realizaron después de sacrificar las plantas y separar el sistema radicular de la parte aérea.

Peso seco total (g): las plantas seleccionadas para las evaluaciones del sistema radicular (número y longitud de raíces), fueron las mismas que se utilizaron para evaluar esta variable, para ello, se separaron la parte aérea (tallos y hojas) y radicular, con unas tijeras de podar, y el peso se determinó con una balanza analítica digital a una precisión de centésimas de gramo. Primero se registró el peso en fresco y posteriormente se colocaron dentro de sobres de manila previamente codificados en una estufa de secado, por un período de 24 horas a una temperatura de 60 ° C hasta obtener el peso constante. Finalmente se evaluó el peso en seco de cada parte de la planta y se obtuvo el peso seco total.

Índice de esbeltez (IE): Relaciona la altura (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) de la planta y se estimó con la fórmula:

$$IE = \frac{\text{altura de plántula (cm)}}{\text{diámetro de plántula (mm)}}$$

Índice de Calidad de Dickson (ICD): Reúne varios atributos morfológicos en un solo valor que es usado como índice de calidad; a mayor valor de índice resultará una mejor calidad de planta y se calculó con la fórmula:

$$\text{ICD} = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{altura de plántula (cm)}}{\text{diámetro de plántula (mm)}} + \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco radicular (g)}}}$$

Capítulo IV

Resultados y discusión

4.1 Resultados

4.1.1 Calidad físico-química del sustrato para el desarrollo de Sacha Inchi

En la Tabla 2, se muestra el análisis físico-químico del sustrato, después de 45 días de haber iniciado el ensayo. En cuanto a las propiedades físicas, los cuatro tratamientos tuvieron la misma clase textural y densidad aparente, siendo respectivamente, franco arenoso y de 1.51 t/m³, debido a los componentes del sustrato. Esta clase textural permite mejorar la porosidad del suelo.

Tabla 2

Calidad físico-química del sustrato

Tratamiento	Físico			Químico					CIC
	Textura	D.A (t/m ³)	pH	CE	M.O.	N	P	K	
				μS/cm	%	%	ppm	ppm	
T0 -Testigo	F.Aren	1.51	7.68	0.190	2.01	0.101	6.36	201.02	13
T1- EM-1	F.Aren	1.51	7.65	0.214	2.31	0.116	8.63	210.36	14
T2 - MM	F.Aren	1.51	7.81	0.222	2.23	0.112	8.36	212.56	15
T3-MM+Neem	F.Aren	1.51	7.72	0.256	2.96	0.148	10.32	236.65	18

Fuente: Elaboración propia (2018)

Nota: D.A: Densidad aparente, pH: Potencial de hidrógeno, CE: Conductividad Eléctrica, M.O: Materia orgánica, N: Nitrógeno, P: Fósforo, K: Potasio, CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico.

En cuanto a las propiedades químicas, el pH en los cuatro tratamientos, tuvo un valor ligeramente alcalino, siendo el mayor de ellos el T2 (7.81) y el menor el T1 (7.65). Asimismo, los valores de Conductividad Eléctrica (CE), se encuentran en el rango de 0-2 dS/m (no salinos), siendo el mayor de ellos el T3 (0.256 dS/m) y el menor el T0 (0.190 dS/m). Estos

valores de la CE no afectan el desarrollo de las plantas (Gallart, 2017). Por otro lado, los valores de materia orgánica (M.O), se encuentran en un nivel medio en los cuatro tratamientos, siendo un indicador adecuado de fertilidad del sustrato. El tratamiento con mayor porcentaje de materia orgánica fue el T3 (2.96%) y el menor el T0 (2.01%). El porcentaje de nitrógeno (N) en los cuatro tratamientos, presentó un nivel normal, el cual es ideal para el crecimiento adecuado de la planta. Siendo el mayor de ellos el T3 (0.148%) y el menor el T0 (0.101%). El contenido de fósforo (P) para los tratamientos T1, T2 y T3 fue respectivamente 8.63, 8.36 y 10.32 ppm, los cuales tuvieron un nivel medio, resaltando el T3. Los tres tratamientos anteriores tuvieron un contenido de fósforo superior al T0 (6.36 ppm), el cual tuvo un nivel bajo. Por otro lado, el contenido de potasio (K) de los cuatro tratamientos se encuentra en un nivel medio, siendo el mayor de ellos el T3 (236.65 ppm) y el menor el T0 (201.02 ppm). Con respecto a la capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), los valores de los tratamientos T0, T1, T2 y T3 fueron respectivamente 13,14,15 y 18, siendo el mayor de ellos el T3 y el menor el T0.

4.1.2 Análisis de la calidad microbiológica del sustrato

En la Tabla 3, la población de bacterias aerobias totales heterotróficas en la muestra de sustrato, a los 45 días de haber iniciado el ensayo, fue mayor en el T2 (MM), comparado con los demás tratamientos, teniendo un resultado de 1.61×10^{10} UFC/g de suelo.

Tabla 3

Resultados microbiológicos del sustrato

Muestra	RTBA*
T0 - Testigo	4.79×10^7
T1 - EM1	1.11×10^9
T2 - MM	1.61×10^{10}
T3 - MM + Neem	3.91×10^8

Fuente: Elaboración propia (2018)

*Los resultados están expresados en Unidades Formadoras de Colonia (UFC)/g de suelo.

4.1.3 Biomasa y características morfológicas de Sacha Inchi

4.1.3.1 Biomasa

a. Peso seco aéreo

En la Tabla 4 se muestra el ANOVA del peso seco aéreo de las plántulas para los cuatro tratamientos. Se obtuvo un *p*-valor de 0.001, el cual es menor que 0.05, indicando que existe diferencia significativa, es decir, existe efecto de tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alterna. El valor de Coeficiente de determinación (R^2) fue 0.83. Esto indica que los preparados microbianos explican el 83% del peso seco aéreo de las plántulas; y el coeficiente de variación (C.V) fue 3.87%, lo cual significa que la variabilidad no explicada de los valores del peso seco aéreo de las plántulas fue mínima.

Tabla 4

ANOVA del peso seco aéreo

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	0.68	6	0.11	7.51	0.004
Repetición	0.02	3	0.01	0.4	0.758
Tratamiento	0.66	3	0.22	14.63	0.001
Error	0.14	9	0.02		
Total	0.81	15			

Fuente: Elaboración propia (2018)

Con la finalidad de conocer este efecto de tratamientos se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% de significancia.

Tabla 5

Prueba Tukey del peso seco aéreo

Tratamiento	Medias	n	Subconjuntos homogéneos
MM	3.50	4	A
MM+NEEM	3.16	4	B
EM-1	3.05	4	B
Testigo	2.97	4	B

Fuente: Elaboración propia (2018)

En dicha prueba se observa la formación de dos grupos estadísticos homogéneos. El primer grupo está formado únicamente por el T2 (MM) que tiene un promedio de 3.50 g (hojas y tallo), siendo superior al segundo grupo conformado por el T3 (MM+Neem), T1 (EM-1) y el T0 (testigo), con promedios de 3.16 g; 3.05 g y 2.97 g, respectivamente.

Asimismo, se realizó el gráfico de medias de los tratamientos, donde se corrobora la formación de los grupos homogéneos al 5% de significancia.

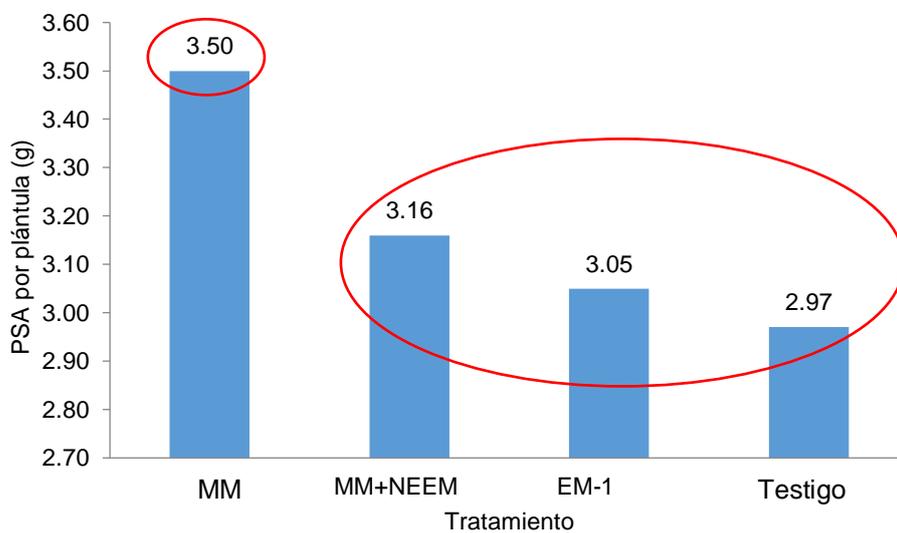


Figura 5. Peso seco aéreo de las plántulas

Fuente: Elaboración propia (2018)

b. Peso seco radicular

En la Tabla 6 se muestra el ANOVA del peso seco radicular de las plántulas para los cuatro tratamientos. Se obtuvo un p-valor de 0.002, el cual es menor que 0.05, indicando que existe diferencia significativa, es decir, existe efecto de tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alterna. El valor de Coeficiente de determinación (R^2) fue 0.84. Esto indica que los preparados microbianos explican el 84% del peso seco radicular de las plántulas; y el coeficiente de variación (C.V) fue 2.36%, lo cual significa que la variabilidad no explicada de los valores del peso seco radicular de las plántulas fue mínima.

Tabla 6

ANOVA del peso seco radicular

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	6	2.20E-03	7.86	0.004
Repetición	3.30E-03	3	1.10E-03	3.89	0.049
Tratamiento	0.01	3	3.40E-03	11.82	0.002
Error	2.60E-03	9	2.80E-04		
Total	0.02	15			

Fuente: Elaboración propia (2018)

Con la finalidad de conocer este efecto de tratamientos se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% de significancia.

Tabla 7

Prueba Tukey del peso seco radicular

Tratamiento	Medias	n	Subconjuntos homogéneos
EM-1	0.73	4	A
MM+NEEM	0.73	4	A
MM	0.73	4	A
Testigo	0.67	4	B

Fuente: Elaboración propia (2018)

En dicha prueba se observa la formación de dos grupos estadísticos homogéneos. El primer grupo está conformado por el T1 (EM-1), T3 (MM+Neem), y el T2 (MM), con promedios iguales de 0.73 g, siendo superior al segundo grupo que está formado únicamente por el testigo, que tiene un promedio de 0.67 g.

Asimismo, se realizó el gráfico de medias de los tratamientos, donde se corrobora la formación de los grupos homogéneos al 5% de significancia.

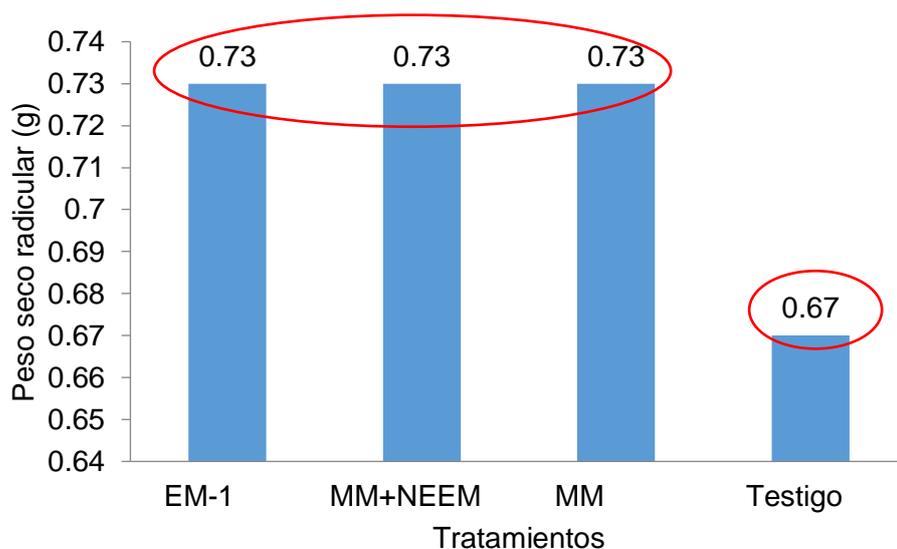


Figura 6. Peso seco radicular de las plántulas

Fuente: Elaboración propia (2018)

c. Peso seco total

En la Tabla 8 se muestra el ANOVA del peso seco total de las plántulas para los cuatro tratamientos. Se obtuvo un p-valor de 0.001, el cual es menor que 0.05, indicando que existe diferencia significativa, es decir, existe efecto de tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alterna. El valor de Coeficiente de determinación (R^2) fue 0.81. Esto indica que los preparados microbianos explican el 81% del peso seco total de las plántulas; y el coeficiente de variación (C.V) fue 3.02%, lo cual significa que la variabilidad no explicada de los valores del peso seco total de las plántulas fue mínima.

Tabla 8

ANOVA del peso seco total

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	0.54	6	0.09	6.59	0.007
Repetición	0.02	3	0.01	0.55	0.662
Tratamiento	0.52	3	0.17	12.64	0.001
Error	0.12	9	0.01		
Total	0.67	15			

Fuente: Elaboración propia (2018)

Con la finalidad de conocer este efecto de tratamientos se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% de significancia.

Tabla 9

Prueba Tukey del peso seco total

Tratamiento	Medias	n	Subconjuntos homogéneos
MM	4.17	4	A
MM+Neem	3.88	4	B
EM-1	3.78	4	B
Testigo	3.69	4	B

Fuente: Elaboración propia (2018)

En dicha prueba se observa la formación de dos grupos estadísticos homogéneos. El primer grupo está formado únicamente por el T2 (MM) que tiene un promedio de 4.17 g, siendo superior al segundo grupo, conformado por el T3 (MM+Neem), T1 (EM-1) y el T0 (testigo), con promedios de 3.88 g; 3.78 g y 3.69 g, respectivamente.

Asimismo, se realizó el gráfico de medias de los tratamientos, donde se corrobora la formación de dos grupos homogéneos al 5% de significancia.

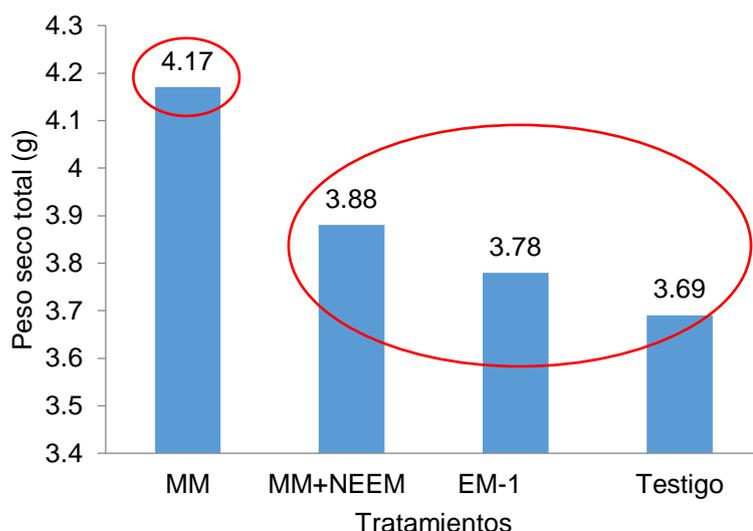


Figura 7. Peso seco total de las plántulas

Fuente: Elaboración propia (2018)

d. Relación Peso seco aéreo/Peso seco radicular

En la Tabla 10 se muestra el ANOVA de la relación peso seco aéreo/peso seco radicular de las de las plántulas para los cuatro tratamientos. Se obtuvo un p-valor de 0.000, el cual es menor que 0.05, indicando que existe diferencia significativa, es decir, existe efecto de tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alterna. El valor de Coeficiente de determinación (R^2) fue 0.87. Esto indica que los preparados microbianos explican el 87% de la relación peso seco aéreo/peso seco radicular de las plántulas; y el coeficiente de variación (C.V) fue 5.2%, lo cual significa que la variabilidad no explicada de los valores de la relación peso seco aéreo/peso seco radicular de las plántulas fue mínima.

Tabla

ANOVA de la Relación Peso seco aéreo/Peso seco radicular

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	3.37	6	0.56	10.44	0.001
Repetición	0.13	3	0.04	0.82	0.516
Tratamiento	3.24	3	1.08	20.07	0.000

Error	0.48	9	0.05
Total	3.85	15	

Fuente: Elaboración propia (2018)

Con la finalidad de conocer este efecto de tratamientos se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% de significancia.

Tabla 10

Prueba Tukey de la Relación Peso seco aéreo/Peso seco radicular

Tratamiento	Medias	n	Subconjuntos homogéneos
MM	5.22	4	A
MM+NEEM	4.37	4	B
EM-1	4.16	4	B
Testigo	4.10	4	B

Fuente: Elaboración propia (2018)

En dicha prueba se observa la formación de dos grupos estadísticos homogéneos. El primer grupo está formado únicamente por el T2 (MM) con un promedio de 5.22 g, siendo superior al segundo grupo conformado por el T3 (MM+Neem), T1 (EM-1) y el T0 (testigo), con promedios de 4.37 g; 4.16 g y 4.10 g, respectivamente.

Asimismo, se realizó el gráfico de medias de los tratamientos, donde se corrobora la formación de dos grupos homogéneos al 5% de significancia.

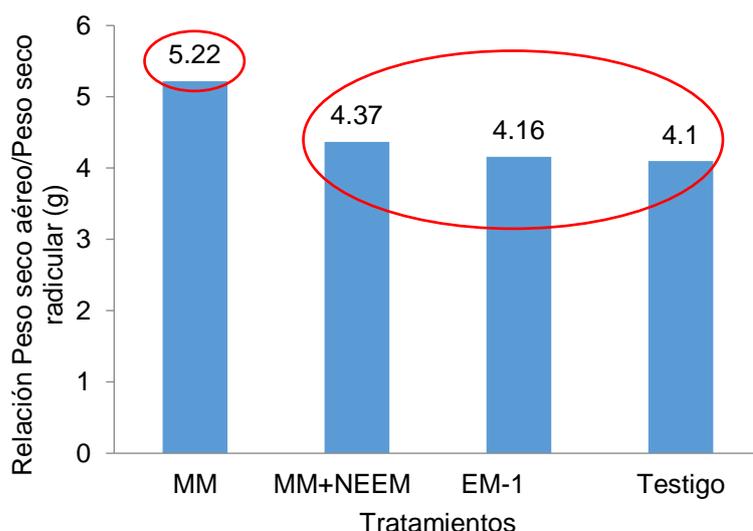


Figura 8. Relación Peso seco aéreo/Peso seco radicular de las plántulas

Fuente: Elaboración propia (2018)

4.1.3.2 Características morfológicas de la plántula

a. Diámetro

En la Tabla 12 se muestra el ANOVA del diámetro de las plántulas para los cuatro tratamientos. Se obtuvo un p-valor de 0.010 el cual es menor que 0.05, indicando que existe diferencia significativa, es decir, existe efecto de tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alterna. El valor de Coeficiente de determinación (R^2) fue 0.71. Esto indica que los preparados microbianos explican el 71% del diámetro de las plántulas; y el coeficiente de variación (C.V) fue 1.12%, lo cual significa que la variabilidad no explicada de los valores del diámetro de las plántulas fue mínima.

Tabla 11

ANOVA del diámetro

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.09	6	0.02	3.66	0.040
Repetición	3.80E-03	3	1.30E-03	0.29	0.828
Tratamiento	0.09	3	0.03	7.02	0.010

Error	0.04	9	4.30E-03
Total	0.13	15	

Fuente: Elaboración propia (2018)

Con la finalidad de conocer este efecto de tratamientos se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% de significancia.

Tabla 12

Prueba Tukey del diámetro

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Subconjuntos homogéneos	
MM	5.59	4	0.03	A	
MM+NEEM	5.46	4	0.03	A	B
EM-1	5.45	4	0.03	A	B
Testigo	5.39	4	0.03	B	

En dicha prueba se observa la formación de dos grupos estadísticos homogéneos. El primer grupo está formado únicamente por el T2 (MM) que tiene un promedio de 5.59 mm, siendo superior al segundo grupo conformado por el T3 (MM+Neem), T1 (EM-1) y el T0 (testigo), con promedios de 5.46 mm; 5.45 mm y 5.39 mm, respectivamente.

Asimismo, se realizó el gráfico de medias de los tratamientos, donde se corrobora la formación de dos grupos homogéneos al 5% de significancia.

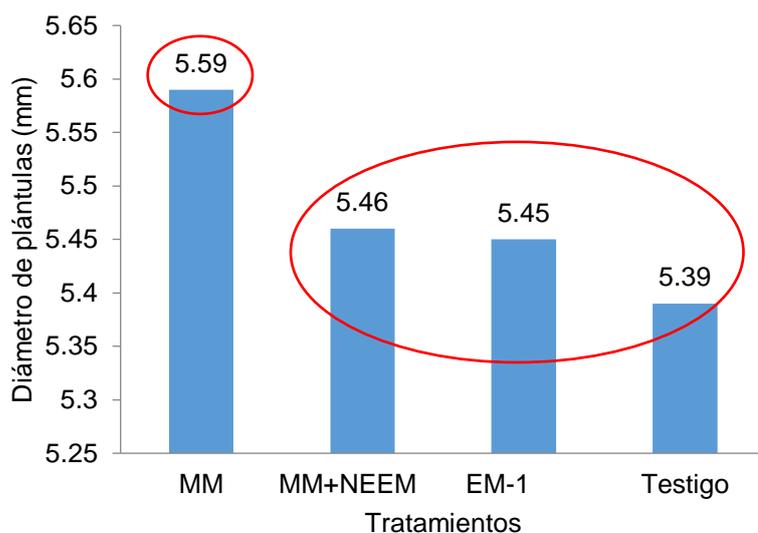


Figura 9. Diámetro de plántulas

Fuente: Elaboración propia (2018)

b. Altura

En la Tabla 14 se muestra el ANOVA de la altura de las plántulas para los cuatro tratamientos. Se obtuvo un p-valor de 0.000 el cual es menor que 0.05, indicando que existe diferencia significativa, es decir, existe efecto de tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alterna. El valor de Coeficiente de determinación (R^2) fue 0.98. Esto indica que los preparados microbianos explican el 98% de la altura de las plántulas; y el coeficiente de variación (C.V) fue 1.13%, lo cual significa que la variabilidad no explicada de los valores de la altura de las plántulas fue mínimo.

Tabla 13

ANOVA de la altura

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	423.72	6	70.62	78.08	0.000
Repetición	3.39	3	1.13	1.25	0.349
Tratamiento	420.34	3	140.11	154.91	0.000
Error	8.14	9	0.9		
Total	431.86	15			

Fuente: Elaboración propia (2018)

Con la finalidad de conocer este efecto de tratamientos se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% de significancia.

Tabla 14

Prueba Tukey de la altura

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Subconjuntos homogéneos
EM-1	90.7	4	0.48	A
MM	85.95	4	0.48	B
MM+NEEM	84.88	4	0.48	B
Testigo	76.48	4	0.48	C

En dicha prueba se observa la formación de dos grupos estadísticos homogéneos. El primer grupo está formado únicamente por el T1 (EM-1) que tiene un promedio de 90.7 cm, siendo superior al segundo grupo, conformado por el T2 (MM), T3 (MM+Neem), y el T0 (testigo), con promedios de 85.95 cm 84.88 cm y 76.48 cm, respectivamente.

Asimismo, se realizó el gráfico de medias de los tratamientos, donde se corrobora la formación de dos grupos homogéneos al 5% de significancia.

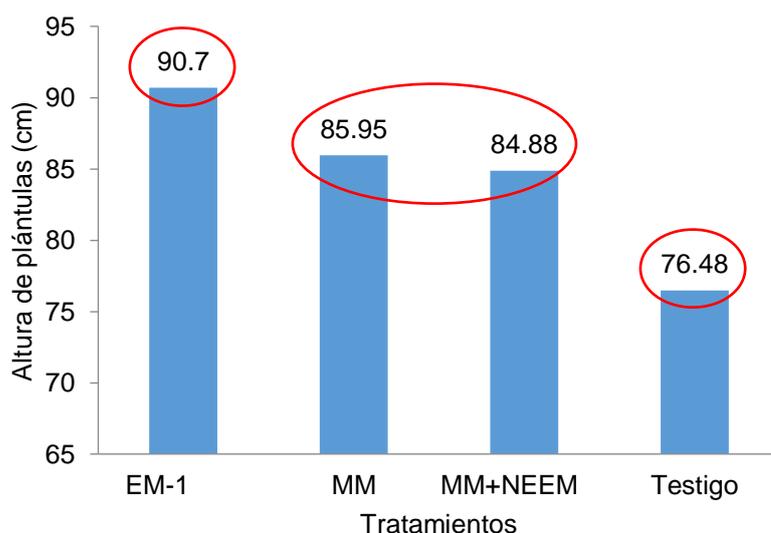


Figura 10. Altura de plántulas

Fuente: Elaboración propia (2018)

c. Incremento de diámetro

En la Tabla 16 se muestra el ANOVA del incremento de diámetro de las plántulas para los cuatro tratamientos. Se obtuvo un p-valor de 0.251 el cual es mayor que 0.05, indicando que no existe diferencia significativa, es decir, no existe efecto de preparados microbianos en el incremento del diámetro, por lo que se acepta la hipótesis nula. El valor de Coeficiente de determinación (R^2) fue 0.62. Esto indica que los preparados microbianos explican el 62% del incremento de diámetro de plántula; y el coeficiente de variación (C.V) fue 10.26%, lo cual significa que la variabilidad no explicada de los valores del incremento de diámetro de las plántulas fue mínimo.

Tabla 15

ANOVA del incremento de diámetro

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.50E-05	6	1.60E-05	2.46	0.109
Repetición	6.40E-05	3	2.10E-05	3.28	0.072
Tratamiento	3.20E-05	3	1.10E-05	1.63	0.251
Error	5.80E-05	9	6.40E-06		
Total	1.50E-04	15			

Fuente: Elaboración propia (2018)

Asimismo, se realizó el gráfico de medias de los tratamientos.

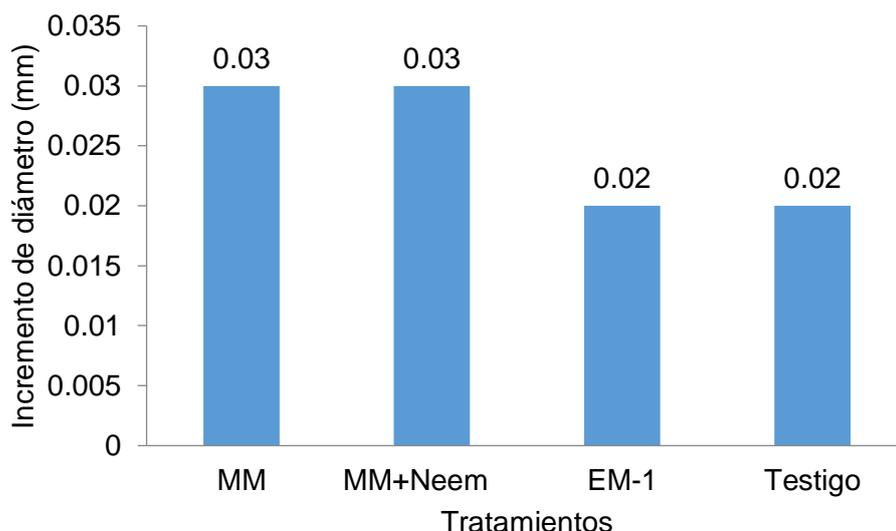


Figura 11. Incremento de diámetro

Fuente: Elaboración propia (2018)

d. Incremento de altura

En la Tabla 17 se muestra el ANOVA del incremento de altura de las plántulas, para los cuatro tratamientos. Se obtuvo un p-valor de 0.223 el cual es mayor que 0.05, indicando que no existe diferencia significativa, es decir, no existe efecto de preparados microbianos en el incremento de altura de las plántulas, por lo que se acepta la hipótesis nula. El valor de Coeficiente de determinación (R^2) fue 0.54. Esto indica que los preparados microbianos explican el 54% del incremento de altura de plántula; y el coeficiente de variación (C.V) fue 18.09%, lo cual significa que la variabilidad no explicada de los valores del incremento de altura de las plántulas fue mínimo.

Tabla 16. ANOVA del incremento de altura de las plántulas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.23	6	0.37	1.78	0.209
Repetición	1.12	3	0.37	1.8	0.218
Tratamiento	1.11	3	0.37	1.77	0.223
Error	1.87	9	0.21		
Total	4.1	15			

Fuente: Elaboración propia (2018)

Asimismo, se realizó el gráfico de medias de los tratamientos.

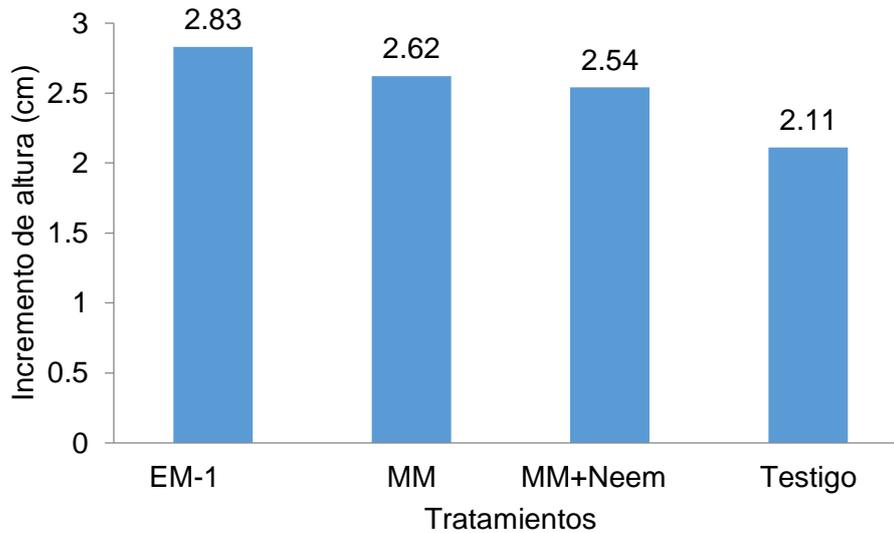


Figura 12. Incremento de altura de las plántulas

Fuente: Elaboración propia (2018)

e. Área foliar

En la Tabla 18 se muestra el ANOVA del área foliar de las plántulas, para los cuatro tratamientos. Se obtuvo un p-valor de 0.760 el cual es mayor que 0.05, indicando que no existe diferencia significativa, es decir, no existe efecto de preparados microbianos en el área foliar de las plántulas, por lo que se acepta la hipótesis nula. El valor de Coeficiente de determinación (R^2) fue 0.17. Esto indica que los preparados microbianos explican el 17% del área foliar de las plántulas; y el coeficiente de variación (C.V) fue 2.78%, lo cual significa que la variabilidad no explicada de los valores del área foliar de las plántulas fue mínimo.

Tabla 17

ANOVA del área foliar de las plántulas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	29.3	6	4.88	0.3	0.920
Repetición	10.26	3	3.42	0.21	0.885
Tratamiento	19.04	3	6.35	0.4	0.760
Error	144.61	9	16.07		
Total	173.91	15			

Fuente: Elaboración propia (2018)

Asimismo, se realizó el gráfico de medias de los tratamientos.

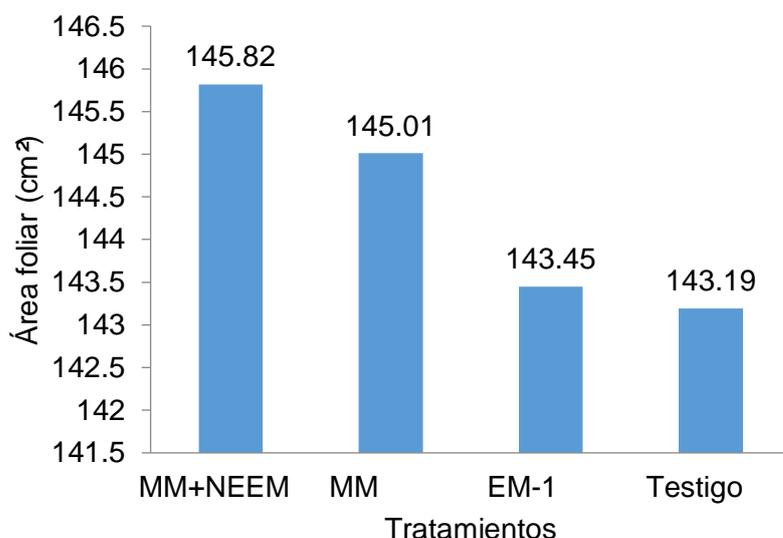


Figura 13. Área foliar de las plántulas

Fuente: Elaboración propia (2018)

f. Número de raíces

En la Tabla 19 se muestra el ANOVA del número de raíces de las plántulas para los cuatro tratamientos. Se obtuvo un p-valor de 0.000 el cual es menor que 0.05, indicando que existe diferencia significativa, es decir, existe efecto de tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alterna. El valor de Coeficiente de determinación (R^2) fue 0.96. Esto indica que los preparados microbianos explican el 96% del número de raíces de las plántulas; y el coeficiente de variación (C.V) fue 2.39%, lo cual significa que la variabilidad no explicada de los valores del número de raíces de las plántulas fue mínimo.

Tabla 18

ANOVA de número de raíces.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32.5	6	5.42	39	0.000
Repetición	0.25	3	0.08	0.6	0.631
Tratamiento	32.25	3	10.75	77.4	0.000
Error	1.25	9	0.14		
Total	33.75	15			

Fuente: Elaboración propia (2018)

Con la finalidad de conocer este efecto de tratamientos se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% de significancia.

Tabla 19

Prueba de comparaciones múltiples Tukey

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Subconjuntos Homogéneos	
MM	17	4	0.19	A	
EM-1	16.25	4	0.19	A	B
MM+NEEM	16	4	0.19	B	
Testigo	13.25	4	0.19	C	

Fuente: Elaboración propia (2018)

En dicha prueba se observa la formación de tres grupos estadísticos homogéneos. El primer grupo está formado únicamente por el T2 (MM) que tiene un promedio de 17, el segundo grupo conformado por el T1 (EM-1) y el T3 (MM+Neem), con promedios de 16.25 y 16 respectivamente, y el tercer grupo formado únicamente por el T0 (testigo) con un promedio de 13.25, respectivamente.

Asimismo, se realizó el gráfico de medias de los tratamientos, donde se corrobora la formación de dos grupos homogéneos al 5% de significancia.

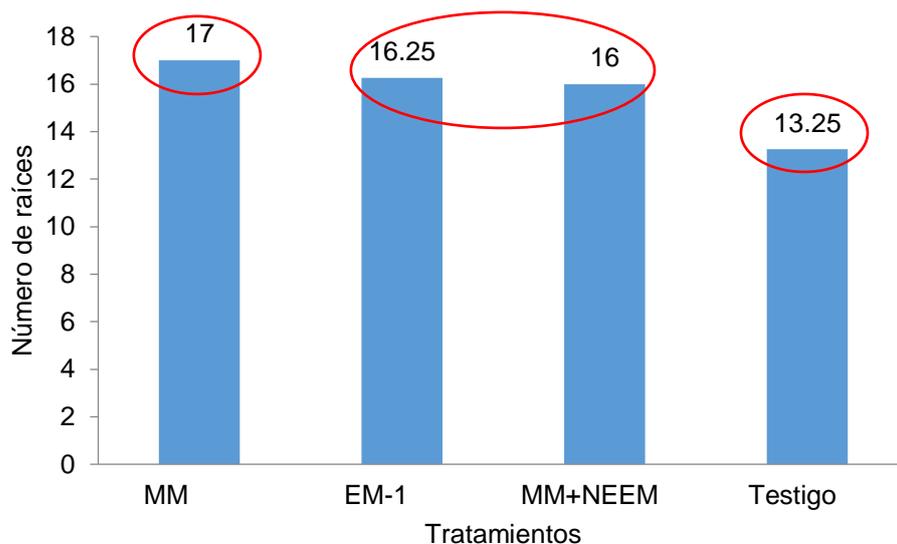


Figura 14. Número de raíces de plántulas

Fuente: Elaboración propia (2018)

g. Longitud de raíz

En la Tabla 21 se muestra el ANOVA de la longitud de raíz de las plántulas, para los cuatro tratamientos. Se obtuvo un p-valor de 0.000 el cual es menor que 0.05, indicando que existe diferencia significativa, es decir, existe efecto de tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alterna. El valor de Coeficiente de determinación (R^2) fue 0.9. Esto indica que los preparados microbianos explican el 90% de la longitud de raíces de las plántulas; y el coeficiente de variación (C.V) fue 2.23%, lo cual significa que la variabilidad no explicada de los valores de la longitud de raíces fue mínimo.

Tabla 20

ANOVA de longitud de raíz.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34.4	6	5.73	13.57	0.001
Repetición	12.41	3	4.14	9.79	0.003
Tratamiento	21.99	3	7.33	17.35	0.000
Error	3.8	9	0.42		
Total	38.2	15			

Fuente: Elaboración propia (2018)

Con la finalidad de conocer este efecto de tratamientos se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% de significancia.

Tabla 21

Prueba de comparaciones múltiples Tukey

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Subconjuntos Homogéneos		
EM-1	30.63	4	0.33	A		
MM	29.73	4	0.33	A	B	
MM+NEEM	28.43	4	0.33	B		C
Testigo	27.58	4	0.33	C		

Fuente: Elaboración propia (2018)

En dicha prueba se observa la formación de tres grupos estadísticos homogéneos. El primer grupo está formado por el T1 (EM-1) y T2 (MM), que tienen promedios de 30.63 cm y 29.73 cm respectivamente, el segundo grupo conformado por el T3 (MM+Neem) con un promedio de 28.43 cm, y el tercer grupo formado por el T0 (testigo) con un promedio de 27.58 cm.

Asimismo, se realizó el gráfico de medias de los tratamientos, donde se corrobora la formación de dos grupos homogéneos al 5% de significancia.

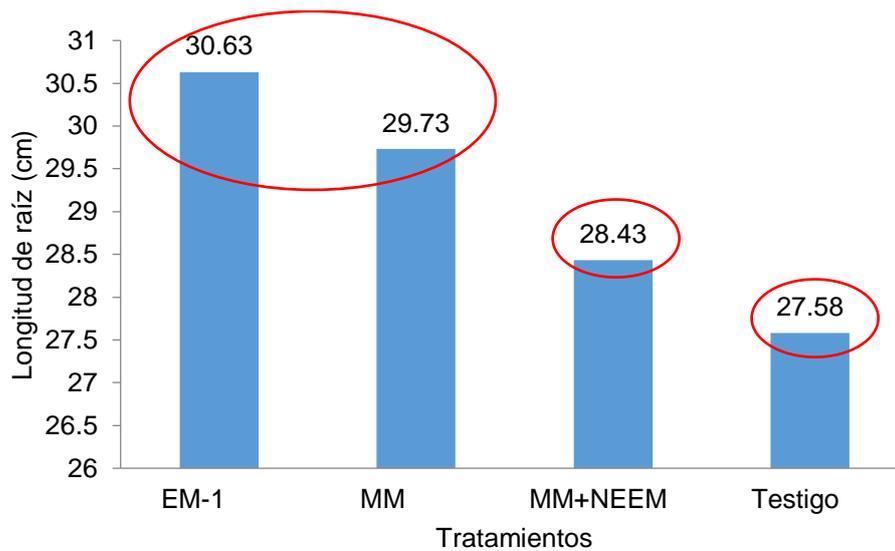


Figura 15. Longitud de raíz de plántulas

Fuente: Elaboración propia (2018)

4.1.4 Parámetros de calidad de la plántula

4.1.4.1 Índice de esbeltez

En la Tabla 23 se muestra el ANOVA del índice de esbeltez de las plántulas para los cuatro tratamientos. Se obtuvo un p-valor de 0.000, el cual es menor que 0.05, indicando que existe diferencia significativa, es decir, existe efecto de tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alterna. El valor de Coeficiente de determinación (R^2) fue 0.97. Esto indica que los preparados microbianos explican el 97% del índice de esbeltez; y el coeficiente de variación (C.V) fue 1.42%, lo cual significa que la variabilidad no explicada de los valores del índice de esbeltez de las plántulas fue mínimo.

Tabla 22

ANOVA del índice de esbeltez

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	11.93	6	1.99	41.55	0.000
Repetición	0.03	3	0.01	0.21	0.886
Tratamiento	11.9	3	3.97	82.9	0.000
Error	0.43	9	0.05		
Total	12.36	15			

Fuente: Elaboración propia (2018)

Con la finalidad de conocer este efecto de tratamientos se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% de significancia.

Tabla 23

Prueba de comparaciones múltiples Tukey

Tratamiento	Medias	n	Subconjuntos homogéneos
EM-1	16.64	4	A
MM+NEEM	15.54	4	B
MM	15.37	4	B
Testigo	14.21	4	C

Fuente: Elaboración propia (2018)

En dicha prueba se observa la formación de tres grupos estadísticos homogéneos. El primer grupo está formado únicamente por el T0 (Testigo) con un promedio de 16.64, siendo superior al segundo grupo, conformado por el T1 (EM-1) y T3 (MM+Neem), que tienen promedios de 15.54 y 15.37, respectivamente, y el tercer grupo formado por el T2 (MM) con un promedio de 14.21.

Asimismo, se realizó el gráfico de medias de los tratamientos, donde se corrobora la formación de dos grupos homogéneos al 5% de significancia.

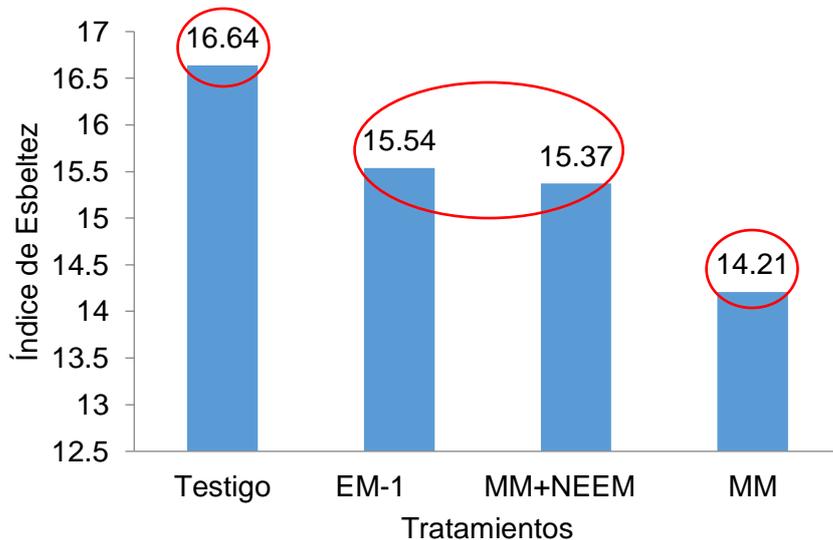


Figura 16. Índice de esbeltez

Fuente: Elaboración propia (2018)

4.1.4.2 Índice de Calidad de Dickson

En la Tabla 25 se muestra el ANOVA del índice de calidad de Dickson de las plántulas para los cuatro tratamientos. Se obtuvo un p-valor de 0.003, el cual es menor que 0.05, indicando que existe diferencia significativa, es decir, existe efecto de tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alterna. El valor de Coeficiente de determinación (R^2) fue 0.78. Esto indica que los preparados microbianos explican el 78% del índice de calidad de Dickson; y el coeficiente de variación (C.V) fue 2.98%, lo cual significa que la variabilidad no explicada de los valores del índice de calidad de Dickson de las plántulas fue mínimo.

Tabla 24

ANOVA del índice de calidad de Dickson

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	1.10E-03	6	1.80E-04	5.33	0.013
Repetición	1.90E-05	3	6.30E-06	0.18	0.905
Tratamiento	1.10E-03	3	3.60E-04	10.47	0.003
Error	3.10E-04	9	3.40E-05		
Total	1.40E-03	15			

Fuente: Elaboración propia (2018)

Con la finalidad de conocer este efecto de tratamientos se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% de significancia.

Tabla 25

Prueba de comparaciones múltiples Tukey

Tratamiento	Medias	n	Subconjuntos homogéneos
EM-1	0.2	4	A
MM	0.2	4	A
MM+NEEM	0.2	4	A
Testigo	0.18	4	B

Fuente: Elaboración propia (2018)

En dicha prueba se observa la formación de dos grupos estadísticos homogéneos. El primer grupo está conformado por el T1 (EM-1), T2 (MM) y el T3 (MM+Neem), con promedios iguales a 0.2, siendo superior al segundo grupo, el cual está formado únicamente por el T0 (testigo), que tiene un promedio de 0.18.

Asimismo, se realizó el gráfico de medias de los tratamientos, donde se corrobora la formación de dos grupos homogéneos al 5% de significancia.

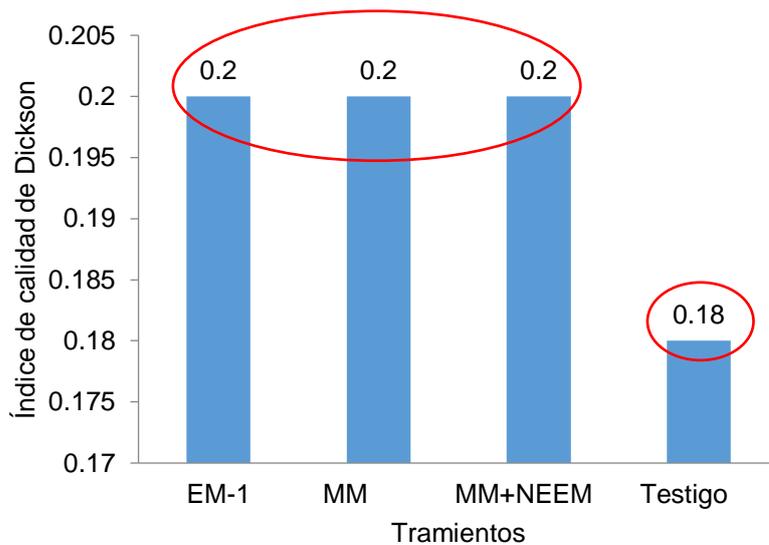


Figura 17. Índice de Calidad de Dickson

Fuente: Elaboración propia (2018)

4.2 Discusión

4.2.1 Análisis de las propiedades físico-química del sustrato

Los cuatro tratamientos tuvieron igual clase textural e igual densidad aparente, siendo respectivamente, franco arenoso y 1.51 t/m^3 . Esta clase textural permite mejorar la porosidad del suelo. Este resultado está de acuerdo con el Ministerio de Agricultura (2008), donde se menciona que el sachá inchi prospera mejor en suelos franco-arcillosos y franco-arenosos. Sin embargo, Balta et al. (2015) mencionan que para el crecimiento de sachá inchi, la textura del suelo debe ser franco arenoso.

En cuanto a las propiedades químicas, el pH más adecuado para el desarrollo de las plántulas de sachá inchi en el ensayo, fue el T1 (7.65). De acuerdo con el Ministerio de Agricultura (2008) el sachá inchi se desarrolla en el rango de pH de 5,5 a 6,5. Mientras que Chirinos, et al (2009) mencionan que el cultivo tolera suelos ácidos, pero se observa un mejor comportamiento en suelos con un pH de 5,0 a 6,0.

Asimismo, los valores de Conductividad Eléctrica (CE), se encuentran en el rango de 0-2 dS/m, es decir, no presentan problemas de salinidad, siendo el mayor de ellos el T3 (0.256 dS/m) y el menor el T0 (0.190 dS/m). Estos valores de la CE no afectan el desarrollo de las plantas (Gallart, 2017). Asimismo, de acuerdo con Hartman, et al., citado por Herrera (2012), quienes sostienen que los sustratos no deben tener un alto nivel de salinidad para el desarrollo de la planta. Por otro lado, Díaz, Tello y Arévalo (2014), encontraron valores de conductividad eléctrica de 0.09 dS/m.

Los valores de materia orgánica (M.O) del presente estudio, se encuentran en un nivel medio en los cuatro tratamientos, siendo estos valores T0 (2.01%); T2 (2.23%); T1 (2.31%) y T3 (2.96%). De acuerdo con el Manual de fertilización de cultivos, un suelo con fertilidad media presenta un rango de materia orgánica de 1.6 – 3 %. Por otro lado, Fernandes (2016), menciona que el contenido de materia orgánica de un suelo es determinante para su fertilidad. Asimismo, el contenido más elevado de materia orgánica del suelo se encuentra en el horizonte A (primeros 30 cm), donde se desarrolla la mayor actividad biológica. Balta et al. (2015) analizaron el crecimiento de sachá inchi en suelos con contenido bajo de materia orgánica (0.97%). De acuerdo con Bio-Omegas (2015), la planta de sachá inchi responde adecuadamente a la aplicación de materia orgánica que puede ser compost, estiércol, humus de lombriz o material orgánico, en una dosis de 2 kg por m².

El porcentaje de nitrógeno (N) en los cuatro tratamientos, presentó un nivel normal, el cual es ideal para el crecimiento adecuado de la planta. Siendo el mayor de ellos el T3 (0.148%) y el menor el T0 (0.101%). El contenido de fósforo (P) para los tratamientos T1, T2

y T3 fue respectivamente 8.63, 8.36 y 10.32 ppm, los cuales tuvieron un nivel medio, resaltando el T3. Los tres tratamientos anteriores tuvieron un contenido de fósforo superior al T0 (6.36 ppm), el cual tuvo un nivel bajo. Por otro lado, el contenido de potasio (K) de los cuatro tratamientos se encuentra en un nivel medio, siendo el mayor de ellos el T3 (236.65 ppm) y el menor el T0 (201.02 ppm). Balta et al. (2015) estudiaron el crecimiento de sachá inchi en suelos con bajo contenido de potasio (45 ppm). Asimismo, Saboya (2015), mencionan requerimientos de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente de 11.47%, 8% y 6%. Por otro lado Picado, citado por Ruiz (2014), indica que los bio-abonos, proporcionan una liberación lenta de los nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, por medio de reacciones químicas y biológicas del suelo, mejorando la fertilidad y creando un efecto residual.

Con respecto a la capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), los valores de los tratamientos T0, T1, T2 y T3 fueron respectivamente 13,14,15 y 18, siendo el mayor de ellos el T3 y el menor el T0. La CIC es el número total de cationes intercambiables que el suelo puede retener, cuanto mayor sea el valor, mayor el número de cationes que puede retener. Asimismo la CIC depende de la cantidad del tipo de arcilla y materia orgánica presentes. (Lopes, 1998)

4.2.2 Análisis de la calidad microbiológica del sustrato

La población de bacterias aerobias totales heterotróficas en la muestra de sustrato, a los 45 días de haber iniciado el ensayo, fue mayor en el T2 (MM), comparado con los demás tratamientos, teniendo un resultado de 1.61×10^{10} UFC/g de suelo. De acuerdo con Torres & Silva (2006), mencionan que los microorganismos de montaña y específicos se utilizan como bio-estimulantes en la recuperación de suelos al promover la actividad de las bacterias aerobias heterotróficas como el género *Azotobacter*. Asimismo, Júnior, Coradassi & Soares (1999), indican que los microorganismos eficientes producen sustancias orgánicas útiles a las plantas y que al mismo tiempo actúan en la mejora de las propiedades físicas, químicas

y biológicas del suelo. Sin embargo, Mitsui (2014), afirma que la aplicación de EM al suelo, tiene poca influencia en las propiedades físicas del suelo.

4.2.3 Análisis de la biomasa y características morfológicas

Con respecto a la biomasa, el mayor peso seco total se obtuvo con el T2 (MM), de 4.17 g. El peso (biomasa aérea y radicular) de la planta tiene alta correlación con la supervivencia en campo, con la misma consistencia que el diámetro del tallo o cuello de la raíz. También, el diámetro está fuertemente correlacionado con el peso de la parte aérea y del sistema radicular. El peso seco es un indicador efectivo cuando se relaciona el peso seco de la parte aérea con el peso seco del sistema radicular (Thompson, 1985; Vera, 1995; Mexal y Landis, 1990).

Respecto al diámetro, hubo efecto de los preparados microbianos, siendo el T2 (MM) el que alcanzó un mayor valor (5.59 mm). Mientras que el T3 (MM+Neem), T1 (EM-1) y el T0 (testigo), fueron estadísticamente iguales con valores respectivos de 5.46, 5.45 y 5.39 mm. Se considera al diámetro como la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia de la planta en campo, asimismo define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva, aunque esto varía de acuerdo a la especie (Prieto et al., 2009). En diferentes estudios se ha encontrado que los plantones con diámetro mayor tienen tasas de supervivencia más altas y se indica que ésta aumenta de 5 a 7% por cada milímetro de incremento en el diámetro de los mismos. Una supervivencia alta (> 80%), se logra en plantas que tienen de 5 a 6 mm de diámetro (Mexal y Landis, 1990).

Respecto a la altura, hubo efecto de los preparados microbianos, siendo el T1 (EM-1), el que alcanzó mayor valor (90.7 cm). Mientras que el T2 (MM), T3 (MM+Neem), y el T0 (testigo), fueron estadísticamente iguales con valores respectivos de 85.95, 84.88 y 76.48 cm. Este parámetro se ha utilizado por mucho tiempo como un indicador de la calidad,

aunque se considera insuficiente y es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su utilidad real (Mexal y Landis, 1990). Cuando las condiciones del sitio de plantación son adversas respecto a la vegetación herbácea y arbustiva que rodea a la plántula, es conveniente considerar que tenga una altura suficiente que le permita competir adecuadamente. La altura puede ser manipulada en vivero e invernadero a través de la fertilización y el riego. Correlacionar sólo la altura de la planta con el comportamiento en campo, excluyendo otros parámetros, puede inducir a un error; varios estudios han concluido que la altura inicial de las plantas no se correlaciona, o lo hace de forma negativa con la supervivencia, aunque sí se correlaciona con el crecimiento en altura después de la plantación. (Cortina et al., 1997)

En cuanto al área foliar, no hubo efecto de preparados microbianos en las plántulas. Estos resultados difieren por Recharte (2015), el tratamiento con 25 cm³ de microorganismos eficientes autóctonos, aplicado al suelo alcanzó un mayor área foliar por planta (21.33 cm²) de *Lycopersicum esculentum*, Mill. Sin embargo para Sotelo, Jiménez, Tarsicio & Cueto (2012) el tratamiento control (suelo sin inóculo de microorganismos), presentó mayor incremento de área foliar de *Raphanus sativus* que los suelos a los que se incorporó microorganismos.

Respecto al sistema radicular, el tratamiento con mayor número de raíces fue el T2 (MM), con 17 raíces, lo que podría deberse al efecto significativo de los preparados microbianos. En las raíces finas es donde se concreta la actividad de absorción de agua y nutrientes al ser más activas y permeables, frente a las gruesas, cuya misión se concreta fundamentalmente en el anclaje de las plantas (Thompson, 1985 citado por Castillo, 2001). El mejor sistema radicular lo constituye una raíz principal bien conformada, sin deformaciones, abundancia de raíces laterales uniformemente repartidas y de raíces finas o fibrosas donde se da la simbiosis con las micorrizas, las cuales aumentan la superficie de la raíz para absorber agua y nutrientes. Precisamente, una forma sencilla de estimar el nivel de

micorrización es a través de la superficie de las raíces finas que están cubiertas por las mismas (Rodríguez, 2008).

Asimismo, los tratamientos con mayor longitud de raíz fueron el T1 (EM-1) y T2 (MM), con valores respectivamente de 30.63 y 29.73 cm, notando el efecto significativo de los preparados microbianos. Entre más grande sea el sistema radicular de la planta, tendrá más puntos de crecimiento y mayor posibilidad de explorar el suelo para captar agua y nutrientes; además, incrementará la probabilidad de infección micorrícica (González, 1995).

4.2.4 Análisis de la calidad de la plántula

Con respecto al índice de Esbeltez, hubo diferencia significativa entre los tratamientos. El T0 (Testigo) presentó un mayor valor de 16.64, siendo superior al T1 (EM-1) y T3 (MM+Neem), cuyos valores fueron respectivamente de 15.54 y 15.37, mientras que el menor fue el del T2 (MM) con un valor de 14.21. Para Santiago et al., citado por Orozco et al. (2010), indican que a menor índice de esbeltez, la planta presentará mayor vigor, por ello el mejor tratamiento para el presente estudio, fue el T2 (MM). Asimismo, Orozco et al. (2010) encontró valores de 6.77 para el índice de esbeltez en *Cedrela odorata*. Cuando este valor, es mayor a 6, las plántulas están muy elongadas, y de ser el caso, no resistirían vientos fuertes, en campo definitivo.

Con respecto al índice de Calidad de Dickson, hubo diferencia significativa entre los tratamientos. El T1 (EM-1), T2 (MM) y el T3 (MM+Neem), obtuvieron valores iguales a 0.2, siendo superiores al T0 (testigo), que tuvo un valor de 0.18. Siendo los mejores tratamientos T1, T2 y T3. Estos resultados están de acuerdo con Bello (2012), que afirma, que entre más elevado sea el índice de Calidad Dickson, mejor es la calidad de la planta, aumentando la posibilidad de que esta se adapte a las condiciones ambientales en campo definitivo.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Con respecto a la calidad físico, química y microbiológica del sustrato se llegó a la siguiente conclusión: Los cuatro tratamientos tuvieron igual clase textural e igual densidad aparente, siendo respectivamente franco arenoso y 1.51 t/m^3 . El pH más adecuado para el desarrollo de las plántulas de sachá inchi fue el T1 (7.65). Asimismo, los valores de Conductividad Eléctrica (CE), se encontraron en el rango de 0-2 dS/m, es decir, no presentaron problemas de salinidad, siendo el más adecuado el T3 (0.256 dS/m). Los valores de materia orgánica (M.O) del sustrato en los cuatro tratamientos se encontraron en un nivel medio, siendo el mayor de ellos el T3 (2.96%). Por otro lado, el porcentaje de nitrógeno (N) en los cuatro tratamientos, presentó un nivel normal, el cual es ideal para el crecimiento adecuado de las plantas, siendo el mayor de ellos el T3 (0.148%). Con respecto al contenido de fósforo (P) el T3 (10.32 ppm) tuvo un mayor valor. El contenido de potasio (K) de los cuatro tratamientos se encontraron en un nivel medio, siendo el mayor de ellos el T3 (236.65 ppm). Finalmente la capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) fue mayor en el T3 (18 meq/100 g de suelo). Asimismo, la mayor población de bacterias aerobias totales heterotróficas se encontraron en la muestra de sustrato del T2 (1.61×10^{10} UFC/g de suelo); esto podría ser la causa de la mejora de características morfológicas y biomasa de plantas de sachá inchi.

Con respecto a la biomasa, el mayor peso seco total se obtuvo con el T2 (MM), el cual fue de 4.17 g. Asimismo, en cuanto a las características morfológicas, el mayor diámetro de plántula, se obtuvo con el T2 (MM), que alcanzó un valor de 5.59 mm; la mayor altura se obtuvo con el T1 (EM-1), con un valor de 90.7 cm; mientras que para el área foliar,

no hubo diferencia significativa entre los tratamientos; en cuanto al número de raíces el T2 (MM) alcanzó un mayor valor con 17 raíces; la mayor longitud de raíz se obtuvo con el T1 (EM-1) y el T2 (MM), con valores respectivos de 30.63 y 29.73 cm.

El mejor índice de Esbeltez se obtuvo con el T2 (MM) con un valor de 14.21, ya que cuanto menor sea este índice, la planta presentará mayor vigor. Finalmente, el mejor valor del índice de Dickson, lo obtuvieron los tratamientos T1 (EM-1), T2 (MM) y T3 (MM+Neem), con un valor igual a 0.2, demostrando así que la incorporación de los microorganismos en las plantas de sachá inchi, influyen de manera significativa y benéfica en la mejora de la biomasa, parámetros de calidad y características de las plantas de sachá inchi.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda aplicar los hallazgos de esta investigación para la promoción de la agricultura sostenible, mediante el uso de microorganismos de montaña, para la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato, la biomasa y características morfológicas de las plántulas y la calidad de la misma. Que además de ser una alternativa que genera un impacto positivo para la producción orgánica, es más accesible para los que se dedican a este rubro, siendo los principales beneficiarios los agricultores, seguido de los investigadores y emprendedores de la región San Martín que se familiarizan con este cultivo y otros. Porque un producto orgánico tiene más valor, aceptación en el mercado y no genera impactos negativos al ambiente.

También, se recomienda realizar trabajos en campo definitivo, a través de parcelas experimentales para evaluar el comportamiento de las plantas de sachá inchi y hacer comparaciones a nivel fenológico y de rendimiento.

Asimismo, se recomienda realizar análisis microbiológicos específicos del sustrato, como bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium*) y hongos micorrícicos arbusculares (HMA); para ver su interacción con los microorganismos de montaña y microorganismos eficientes.

Finalmente, se recomienda realizar otras investigaciones con el uso de microorganismos de montaña y microorganismos eficientes en otras especies vegetales de interés económico, para la mejora de la calidad de sustrato y características morfológicas.

Referencias

- Alvarado, P., & Urrutia, G. (2003). Invernaderos: Materiales, tipos, zonas aptas, tendencias e innovaciones. *Revista El Agroeconómico*.
- Acosta, H. A. (2012). Microorganismos eficientes de montaña: evaluación de su potencial bajo manejo agroecológico de tomate en Costa Rica. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza.
- Balta, R., Rodríguez, A., Guerrero, R., Cachique, D., Alva, E., Arévalo, L. & Loli, O. (2015). Absorción y concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en suelos ácidos, san Martín, Perú. *Folia amazónica*, 24 (2), 123 – 130. Recuperado el 26 de febrero de 2019 de <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/PUBL1446.pdf>
- Bello, H.R. (2012). Evaluación del crecimiento en plantas en el vivero de la Universidad de la Sierra Juárez. Tesis Licenciatura. Universidad de la Sierra Juárez, Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Recuperado el 26 de febrero de 2019 de <http://www.unsij.edu.mx/tesis/>
- Bio-Omegas. (2015). *El sachá inchi*. Recuperado el 26 de febrero de 2019 de <http://www.bio-omegas.com/index.php/es/sacha-inchi>
- Brechelt, A. & Fernández, C. (1995). El árbol para la agricultura y el medio ambiente. Experiencias en la República Dominicana. Publ. Fundación Agricultura y Medio Ambiente. 133 p.
- Campo-Martínez, A., Acosta-Sánchez, R., Morales-Velasco, S. & Alonso, F. (2014). Evaluación de microorganismos de montaña (MM) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12 (1), 79-87. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a10.pdf>
- Castro, L., Murillo, M., Uribe, L., & Mata, R. (2015). Inoculación al suelo con *Pseudomonas Fluorescens*, *Azospirillum Oryzae*, *Bacillus Subtilis* y microorganismos de montaña

- (MM) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 39(3), 21-36. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/21787/21990>
- Congreso de la República. (2012). Ley N° 29196. Ley de promoción de la producción orgánica o ecológica. Recuperado el 19 de marzo del 2019 de <http://www.servindi.org/pdf/Ley29196.pdf>
- Coutinho, F., M. (2011). Caderno dos microrganismos Eficientes (EM) Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de <http://estaticog1.globo.com/2014/04/16/caderno-dos-microrganismos-eficientes.pdf>
- Delgado, Y. (2009). Evaluación de microorganismos eficientes, *Richoderma* spp. y Ecomic® en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) en el organopónico de la Universidad de Matanzas. (Tesis de grado). Universidad de Matanzas, Cuba. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de <http://monografias.umcc.cu/monos/2009/AGRONOMIA/m09agr21.pdf>
- Dev, A., Babu, R. & Marahatta. S. (2015). Role of *Azotobacter* in Soil Fertility and Sustainability—A Review. *Adv Plants Agric Res*, 2(6), 1-5. Recuperado el 08 de febrero de 2018 de <http://medcraveonline.com/APAR/APAR-02-00069.pdf>
- Díaz, P., Tello, C., & Arévalo, L. (2017). Efecto del uso de tutores y aplicación de biofertilizantes en el crecimiento y desarrollo de *Plukenetia volubilis* L. "Sacha Inchi." *Folia Amazónica*, 23(2), 119. <http://doi.org/10.24841/fa.v23i2.17>
- Effective Microorganisms (2015). How they Work and the Effects. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de <http://asset-mel-1.airsquare.com/emnz/library/pdfs/em-overview.pdf?201508180427>
- Estrada, J. & López, M. (1998). El Nim y sus bioinsecticidas: una alternativa agroecológica. INIFAT. Cuba. 24 p.

- Estrada, J. (2000). Informe Final del Proyecto (0300002). El Nim, sus productos naturales e impacto agroecológico y social. Programa Científico Técnico. Biotecnología Agrícola. CITMA. Cuba. 78 p.
- Feiden, A. (2005). Agroecologia: Princípios e Técnicas para uma Agricultura Orgânica Sustentável. Recuperado el 08 de febrero de 2018 de <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/AgrobCap1ID-Sim092KU5R.pdf>
- Fernandes, R. (2016). *A matéria orgânica do solo*. Lisboa. Retrieved from http://www.inia.pt/fotos/editor2/materia_organica_do_solo.pdf
- Figueredo, A. Vinhas, O. & Marciano, L. (2010). Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. R. Bras. Ci. Solo, 34, 575-585. Recuperado el 28 de febrero de 2018 de <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n2/v34n2a32.pdf>
- Franco-Correa, M. (diciembre, 2009). Utilización de los actinomicetos en procesos de biofertilización. Revista Peruana de Biología, 16(2), 239-242. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/213/204>
- Gallart, F. (2017). *La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos de la zona norte del Parque Natural de la Albufera de Valencia*. Universitat Politècnica de València. Retrieved from [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94368/GALLART - La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos...pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94368/GALLART%20-%20La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20del%20suelo%20como%20indicador%20de%20la%20capacidad%20de%20uso%20de%20los%20suelos...pdf?sequence=1)
- Gama, G., Pereira, A., Fagundes, L. & Nogueira, A. (2014). Biomassa: uma visão dos processos de pirólise. Revista Liberato, Novo Hamburgo, 15 (24), 105-212.

- Gonçalves, D. (2011). Desenvolvimento sustentável: o desafio da presente geração. Revista Espaço Acadêmico. Recuperado el 08 de febrero de 2018 de <http://www.espacoacademico.com.br/051/51goncalves.htm>.
- Herrera, B. (2012). *Propagación de estacas de sachá inchi (Plukenetia volubilis L.) en tres tipos de sustratos con el uso de ácido naftaleno acético (ANA) y ácido indol butírico (ANA), en el Canto la Mana, año 2011*. Universidad Técnica de Cotopaxi. Retrieved from <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/743/1/T-UTC-0576.pdf>
- Immaraju, J. (1998). The commercial use of Azadirachtin and its integration into viable pest control programs. *Pestic. Sci.* 54. p. 285 - 289.
- Jacobson, M. (1980). Neem research in the US Department of Agriculture: Chemical, biological and cultural aspects. *Proc. 1st Int. Neem conf. Rottach-Egern*, p. 33-42.
- Júnior, P., Coradassi, M. & Soares, H. (1999). Microrganismos Eficazes na Produção da Cultura do Feijoeiro. *Revista Babt*, 42 (4), 1-8. Recuperado el 26 de febrero de 2019 de <http://www.scielo.br/pdf/babt/v42n4/14.pdf>
- Lopes, A. (1998). *Manual Internacional de Fertilidade do solo*. (Potafos, Ed.) (2 da). Piracicaba.
- López, M., & Estrada, J. (2005). Los Bioinsecticidas de Nim en el control de plagas de insectos en cultivos económicos. La Habana (Cuba). *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, XXXVII(2), 41–50. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382838551004>
- Merino, C., Sotero, V., Del Castillo, D., Vásquez, G., Cachique, D. & Vásquez-Ocmín, P. (2008). Caracterización química de nueve ecotipos de plukenetia volubilis L. de los departamentos de Loreto y San Martín. *Folia Amazonica*, 17 (1), 39-45. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de https://www.researchgate.net/publication/267804962_CHARACTERIZACION_QUIMICA_DE_NUEVE_ECOTIPOS_DE_Plukenetia_volubilis_L_DE_LOS_DEPARTAMENT

- OS_DE_LORETO_Y Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2012). Agroecologia. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de http://www.ceplac.gov.br/restrito/publicacoes/cartilhas/CT_06.pdf
- Ministerio de Agricultura. (2008). *Sacha Inchi*. Recuperado el 26 de febrero de 2019 http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/sectoragrario/agricola/lineasdecultivos emergentes/SACHA_INCHI.pdf
- Ministerio del Ambiente (2013). *La Agenda de Investigación Ambiental al 2021*. Recuperado el 19 de marzo 2019 de http://www.minam.gob.pe/investigacion/wpcontent/uploads/sites/19/2013/10/Agenda-de-Investigaci%C3%B3n-Ambiental_Interiores.pdf
- Mitsuiki, C. (2014). Efeito de sistemas de preparo de solo e uso de microorganismos eficazes nas propriedades físicas do solo, produtividade e qualidade de batata. Dissertação. Faculdade de Agronomia, Universidade de São Paulo. Recuperado el 26 de febrero de 2019 de <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-26022007-151401/publico/CassioMitsuiki.pdf>
- Moreira, F. & Siqueira, J. (2006). Microbiologia e Bioquímica do solo (2a edição). Lavras, Brasil: Editora UFLA. Recuperado el 28 de febrero de 2018 de <http://www.prrg.ufla.br/solos/wp-content/uploads/2012/09/MoreiraSiqueira2006.pdf>
- Orozco, G., Muñoz, H. J., Rueda, A., Sígala, J. A., Prieto, J. A. & García. J. (2010). Diagnóstico de la calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. *Rev. Mex. Cien. For.*, 1 (2), 134-146. Recuperado el 26 de febrero de 2019 de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v1n2/v1n2a11.pdf>
- Parmar, B. & Singh, R. (1993). *Neem in agriculture*. Indian Agricultur Institute. New Delhi 110012. 85 p.

- Patrón, J., C. (2010). Sustratos orgánicos: elaboración, manejo y principales usos. Recuperado el 28 de febrero de 2018 de <http://www.cm.colpos.mx/montecillo/images/SUSTRATOS/09.pdf>
- Ramírez, M. A. (2006). Tecnología de microorganismos efectivos (EM) aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible. (Tesis de grado). Escuela de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de <https://www.hortiocio.com/app/.../MICROORGANISMOS+EFICIENTES+TESJS.pdf>
- Ramos, L., M. (2016). Caracterización físico-química del biofertilizante Microorganismos de Montaña (MM) para la Finca Agroecológica Santa Inés, Zamorano, Honduras. (Tesis de grado). Escuela de Ingeniería en Ambiente y Desarrollo de Honduras. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5745/1/IAD-2016-T037.pdf>
- Reyes I., & Valery, A. (2007). Efecto de la fertilidad del suelo sobre la microbiota y la promoción del crecimiento del maíz (*Zea mays* L.) con *Azotobacter* spp. *Bioagro*, 19(3), 117-126. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de [http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev19\(3\)/1.%20Efecto%20de%20la%20fertilidad%20del%20suelo.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev19(3)/1.%20Efecto%20de%20la%20fertilidad%20del%20suelo.pdf)
- Ruiz, E. S. (2014). *Efecto del abonamiento orgánico en el rendimiento y algunas características agronómicas en plukenetia volubilis* L. "sacha inchi", accesión shica-shica, Zungarococha, San Juan Bautista. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Recuperado el 26 de febrero de 2019 de http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3364/Estefany_Tesis_Titulo_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ruiz, E. S. (2014). *Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*, mill) en San Gabriel – Abancay.*

Tesis de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica de los Andes.
Recuperado el 26 de febrero de 2019 de
<http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/30/Tesis%20-%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20microorganismos%20en%20el%20cultivo%20de%20tomate.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Saboya, C. A. (2015). Obtención de dos poblaciones mejoradas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), con resistencia a *Meloidogyne incognita* mediante selección masal estratificada a partir de dos accesiones promisorias en la región San Martín. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Martín.
Recuperado el 26 de febrero de 2019 de
http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/638/TFCA_22.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Santos, E., Ferreira, V., Gomes, M. & Maia, F. (2013). Caracterización da fase reprodutiva de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), em Manaus, AM. In: Jornada De Iniciação Científica Da Embrapa Amazônia Ocidental, 10, 2013, Manaus. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2013, 251-260. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/999690>

Schmutterer, H. (1994). Estado actual de la investigación y aplicación de productos de Nim. Memoria 1er Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre Nim y otros insecticidas vegetales. Santo Domingo, República Dominicana. p. 11 - 18.

Shankar, J. & Chandra, V. (2011). Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 40 (3), 339-353. Recuperado el 08 de febrero de 2018 de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880911000351>

Sotelo, Jiménez, Tarsicio & Cueto (2012). Efecto de inoculación de microorganismos en crecimiento de rábano (*Raphanus sativus*). *Bioteología en el Sector Agropecuario*

y *Agroindustrial*, 10 (1), 21-31. Recuperado el 26 de febrero de 2019 de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a04.pdf>

Toalombo, R. M. (2012). Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*). Universidad técnica de Ambato.

Torres, M. (2014). Utilización de sustratos orgánicos con aplicación de microorganismos, para mejorar la producción de plantas de *Vitex orinocensis* (paliperro), con fines de mitigación a la deforestación, IIAP - San Martín 2013. (Tesis de grado). Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Alas Peruanas. Recuperado el 28 de febrero de 2018 de http://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/uap/1982/2/TORRES_DIAZ-Resumen.pdf

Torres, G. & Silva, X. (2006). *Evaluación del efecto que tienen los en (microorganismos eficientes) en las micorrizas para la recuperación de suelos intervenidos del área de Mondoñedo*. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria Universidad de la Salle. Recuperado el 26 de febrero de 2019 de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14210/T41.06%20T636e.pdf;jsessionid=3CB6933F32218AF3EE7821DC9075FD78?sequence=1>

Umaña, S., Rodríguez, K. & Rojas, C. (2017). ¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como estrategia de biofertilización? Un enfoque de ingeniería de biosistemas. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*, 51(2), 133-144. Doi:<http://dx.doi.org/10.15359/rca.51-2.7>

Umaña, S., Rodríguez, K., & Rojas, C. (2017). ¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como estrategia de biofertilización ? Un enfoque de ingeniería de biosistemas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 133–144. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.15359/rca.51-2.7>

Vásquez, D. (2008). Producción y evaluación de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de pastos. (Tesis de

grado). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1503/1/17T0873.pdf>

Anexos

Anexo 1. Ficha para el registro de diámetro y altura de plántulas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

Fecha de Evaluación:

Evaluación N°:

Rx								
Plántula	T0		T1		T2		T3	
	D (mm)	H (cm)						
P1								
P2								
P3								
P4								
P5								
P6								
P7								
P8								
P9								
P10								
P11								
P12								
P13								
P14								
P15								
P16								

Anexo 2. Ficha para el registro de los parámetros de calidad de la planta y biomasa.

Rx												
N°	Plántula	Tx										
		N° de raíces	Longitud de raíz (cm)	Área foliar (cm ²)	Peso fresco (g)				Peso seco (g)			
					Aéreo		Radicular	Total	Aéreo		Radicular	Total
					Tallo	Hojas			Tallo	Hojas		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

Anexo 3. Resultado del Análisis físicoquímico del sustrato: T0 - Testigo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES



ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE: ABEL NICOLAS PANDURO PEÑAHERRERA FECHA DE MUESTREO: 2/11/2018
 PROVINCIA: SAN MARTÍN FECHA DE REPORTE: 27/11/2018
 DISTRITO: JUAN GUERRA CULTIVO: SACHA INCHI
 CÓDIGO DE MUESTRA: T0 (SIN MM) Sustrato (50% tierra negra + 40% arena + 10 estiércol de ganado)

N°	Análisis mecánico			Clase Textural	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100g)					% Sat. Bas.	% Aci. Inter.	
	% Arena	% Arcilla	% Limo									Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³			Al ⁺³ +H ⁺¹
1	54	12	34	F. Aren	7.677	189.6	2.01	0.1	6.4	201.02	13	10.32	1.96	0.5	0.2	0	0	100	0

pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	% M.O.	% N	P ppm	K ppm	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	Al ⁺³	Al ⁺³ +H ⁺
7.677	189.63	2.01	0.1005	6.36	201.02	10.32	1.96	0.19	0	0
Moderadamente alcalino		No hay problemas de sales		Medio	Normal	Bajo	Medio	Bajo	Muy bajo	

d.a \rightarrow 1.51 t/m³

SOLICITANTE: ABEL NICOLAS PANDURO PEÑAHERRERA FECHA DE REPORTE: 27/11/2018

Existencia en suelo		Extracción de 1000 kg Sacha Inchi		Balance	Reposición con fertilización orgánica mínima			
N	19.1 kg/ha	N	95 kg/ha	-75.9	Guano de isla	0.00 kg/ha	0	g/planta
P ₂ O ₅	2.7 kg/ha	P ₂ O ₅	30 kg/ha	-27.3	Roca fosfórica	kg/ha	0	g/planta
K ₂ O	204.0 kg/ha	K ₂ O	110 kg/ha	94.0	Sulfato de potasio	0.00 kg/ha	0	g/planta
MgO	47.8 kg/ha	MgO	20 kg/ha	27.8	Sulpomag	kg/ha	0	g/planta
CaO	349.1 kg/ha	CaO	10 kg/ha	339.1		kg/ha	0	g/planta

Existencia en suelo		Extracción de 1000 kg Sacha Inchi		Balance	Reposición con fertilización química mínima			
N	19.1 kg/ha	N	95 kg/ha	-75.9	Urea	0.00 kg/ha	0	g/planta
P ₂ O ₅	2.7 kg/ha	P ₂ O ₅	30 kg/ha	-27.3	Fosfato diamónico	0.00 kg/ha	0	g/planta
K ₂ O	204.0 kg/ha	K ₂ O	110 kg/ha	94.0	Sulfato de potasio	kg/ha	0	g/planta
MgO	47.8 kg/ha	MgO	20 kg/ha	27.8	Sulpomag	0.00 kg/ha	0	g/planta
CaO	349.1 kg/ha	CaO	10 kg/ha	339.1		kg/ha	0	g/planta

La presente recomendación se hace considerando que se quiere obtener una producción de 1000 kg/ha de Sacha Inchi, observando que el suelo es de fertilidad media por los niveles de los siguientes parámetros:

pH \rightarrow Moderadamente alcalino
 N \rightarrow Normal K \rightarrow Medio Al⁺³ + H⁺ \rightarrow
 P \rightarrow Bajo Clase textural \rightarrow F. Aren Distanciamiento \rightarrow 3 x 2.5 = 1333 plantas/ha
 Observando los parámetros obtenidos en el análisis de suelo, se plantea dos tipos de fertilización a elegir, una orgánica y una química; se recomienda aplicar:

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA		FERTILIZACIÓN QUÍMICA	
0.00	g de Guano de isla planta	0.00	g de Urea por planta
0.00	g de Roca fosfórica	0.00	g de Fosfato diamónico planta
0.00	kg/ha de Sulfato de Potasio	0.00	kg/ha de Cloruro de potasio
0.00	g de de Sulpomag planta	0.00	g de Sulpomag por planta
0.00		0.00	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
 Facultad de Ciencias Agrarias
 Ing. Carlos Verde Girbau
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

Anexo 4. Resultado del Análisis físicoquímico del sustrato: T1 – EM1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES



ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE: ABEL NICOLAS PANDURO PEÑAHERRERA
 PROVINCIA: SAN MARTÍN
 DISTRITO: JUAN GUERRA
 CÓDIGO DE MUESTRA: T1 EM - 1

FECHA DE MUESTREO: 2/11/2018
 FECHA DE REPORTE: 27/11/2018
 CULTIVO: SACHA INCHI
 Sustrato (50% tierra negra + 40% arena + 10 estiércol de ganado)

N°	Análisis mecánico			Clase Textural	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100g)						% Sat. Bas.	% Aci. Inter
	% Arena	% Arcilla	% Limo									Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	Al ³⁺ +H ⁺		
4	55	13	32	F. Aren	7.65	213.6	2.31	0.1	8.6	210.36	14	11.36	1.96	0.5	0.2	0	0	100	0

pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	% M.O.	% N	P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	Al ³⁺ +H ⁺
7.65	213.56	2.31	0.1155	8.63	210.36	11.36	1.96	0.23	0	0
Moderadamente alcalino	No hay problemas de sales	Medio	Normal	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Muy bajo		

d.a \rightarrow 1.51 t/m³

SOLICITANTE: ABEL NICOLAS PANDURO PEÑAHERRERA

FECHA DE REPORTE: 27/11/2018

Existencia en suelo		Extracción de 1000 kg Sacha Inchi		Balance	Reposición con fertilización orgánica mínima			
N	22.0 kg/ha	N	95 kg/ha	-73.0	Guano de isla	0.00 kg/ha	0	g/planta
P ₂ O ₅	3.7 kg/ha	P ₂ O ₅	30 kg/ha	-26.3	Roca fosfórica		0	g/planta
K ₂ O	213.5 kg/ha	K ₂ O	110 kg/ha	103.5	Sulfato de potasio	0.00 kg/ha	0	g/planta
MgO	47.8 kg/ha	MgO	20 kg/ha	27.8	Sulpomag		0	g/planta
CaO	384.2 kg/ha	CaO	10 kg/ha	374.2			0	g/planta

Existencia en suelo		Extracción de 1000 kg Sacha Inchi		Balance	Reposición con fertilización química mínima			
N	22.0 kg/ha	N	95 kg/ha	-73.0	Urea	0.00 kg/ha	0	g/planta
P ₂ O ₅	3.7 kg/ha	P ₂ O ₅	30 kg/ha	-26.3	Fosfato diamónico	0.00 kg/ha	0	g/planta
K ₂ O	213.5 kg/ha	K ₂ O	110 kg/ha	103.5	Sulfato de potasio		0	g/planta
MgO	47.8 kg/ha	MgO	20 kg/ha	27.8	Sulpomag	0.00 kg/ha	0	g/planta
CaO	384.2 kg/ha	CaO	10 kg/ha	374.2			0	g/planta

La presente recomendación se hace considerando que se quiere obtener una producción de 1000 kg/ha de Sacha Inchi, observando que el suelo es de fertilidad media por los niveles de los siguientes parámetros:

pH \rightarrow Moderadamente alcalino

N \rightarrow Normal K \rightarrow Medio Al³⁺ + H⁺ \rightarrow

P \rightarrow Medio Clase textural \rightarrow F. Aren Distanciamiento \rightarrow 3 x 2.5 = 1333 plantas/ha

Observando los parámetros obtenidos en el análisis de suelo, se plantea dos tipos de fertilización a elegir, una orgánica y una química; se recomienda aplicar:

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA		FERTILIZACIÓN QUÍMICA	
0.00	g de Guano de isla planta	0.00	g de Urea por planta
0.00	g de Roca fosfórica	0.00	g de Fosfato diamónico planta
0.00	kg/ha de Sulfato de Potasio	0.00	kg/ha de Cloruro de potasio
0.00	g de Sulpomag planta	0.00	g de Sulpomag por planta
0.00		0.00	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
 Facultad de Ciencias Agrarias

Ing. Carlos Verde Girbau

Anexo 5. Resultado del Análisis físicoquímico del sustrato: T2 - MM



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES



ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE: ABEL NICOLAS PANDURO PEÑAHERRERA
 PROVINCIA: SAN MARTÍN
 DISTRITO: JUAN GUERRA
 CÓDIGO DE MUESTRA: T2 (MM)

FECHA DE MUESTREO: 2/11/2018
 FECHA DE REPORTE: 27/11/2018
 CULTIVO: SACHA INCHI
 Sustrato (50% tierra negra + 40% arena + 10 estiércol de ganado)

N°	Análisis mecánico			Clase Textural	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100g)					% Sat. Bas.	% Aci. Inter	
	% Arena	% Arcilla	% Limo									Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺			Al ³⁺ +H ⁺
2	52.6	11	36.4	F. Aren	7.807	221.5	2.23	0.1	8.4	212.56	15	12.56	2.13	0.5	0.2	0	0	100	0

pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	% M.O.	% N	P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	Al ³⁺ +H ⁺
7.807	221.5	2.23	0.1115	8.36	212.56	12.56	2.13	0.21	0	0
Moderadamente alcalino	No hay problemas de sales	Medio	Normal	Medio	Medio	Normal	Normal	Muy bajo		

d.a \rightarrow 1.51 t/m³

SOLICITANTE: ABEL NICOLAS PANDURO PEÑAHERRERA

FECHA DE REPORTE: 27/11/2018

Existencia en suelo		Extracción de 1000 kg Sacha Inchi		Balance	Reposición con fertilización orgánica mínima			
N	21.2 kg/ha	N	95	kg/ha -73.8	Guano de isla	0.00 kg/ha	0	g/planta
P ₂ O ₅	3.6 kg/ha	P ₂ O ₅	30	kg/ha -26.4	Roca fosfórica		0	g/planta
K ₂ O	215.7 kg/ha	K ₂ O	110	kg/ha 105.7	Sulfato de potasio	0.00 kg/ha	0	g/planta
MgO	51.9 kg/ha	MgO	20	kg/ha 31.9	Sulpomag		0	g/planta
CaO	424.8 kg/ha	CaO	10	kg/ha 414.8			0	g/planta

Existencia en suelo		Extracción de 1000 kg Sacha Inchi		Balance	Reposición con fertilización química mínima			
N	21.2 kg/ha	N	95	kg/ha -73.8	Urea	0.00 kg/ha	0	g/planta
P ₂ O ₅	3.6 kg/ha	P ₂ O ₅	30	kg/ha -26.4	Fosfato diamónico	0.00 kg/ha	0	g/planta
K ₂ O	215.7 kg/ha	K ₂ O	110	kg/ha 105.7	Sulfato de potasio		0	g/planta
MgO	51.9 kg/ha	MgO	20	kg/ha 31.9	Sulpomag	0.00 kg/ha	0	g/planta
CaO	424.8 kg/ha	CaO	10	kg/ha 414.8			0	g/planta

La presente recomendación se hace considerando que se quiere obtener una producción de 1000 kg/ha de Sacha Inchi, observando que el suelo es de fertilidad media por los niveles de los siguientes parámetros:

pH \rightarrow Moderadamente alcalino
 N \rightarrow Normal K \rightarrow Medio Al³⁺ + H⁺ \rightarrow
 P \rightarrow Medio Clase textural \rightarrow F. Aren Distanciamiento \rightarrow 3 x 2.5 = 1333 plantas/ha

Observando los parámetros obtenidos en el análisis de suelo, se plantea dos tipos de fertilización a elegir, una orgánica y una química; se recomienda aplicar:

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA		FERTILIZACIÓN QUÍMICA	
0.00	g de Guano de isla planta	0.00	g de Urea por planta
0.00	g de Roca fosfórica	0.00	g de Fosfato diamónico planta
0.00	kg/ha de Sulfato de Potasio	0.00	kg/ha de Cloruro de potasio
0.00	g de Sulpomag planta	0.00	g de Sulpomag por planta
0.00		0.00	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
 Facultad de Ciencias Agrarias
 Ing. Carlos Verde Girbau

Anexo 6. Resultado del Análisis físicoquímico del sustrato: T3 – MM+Neem



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES



ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE: ABEL NICOLAS PANDURO PEÑAHERRERA
 PROVINCIA: SAN MARTÍN
 DISTRITO: JUAN GUERRA
 CÓDIGO DE MUESTRA: T3 (MM + extracto de Neem)

FECHA DE MUESTREO: 2/11/2018
 FECHA DE REPORTE: 27/11/2018
 CULTIVO: SACHA INCHI
 Sustrato (50% tierra negra + 40% arena + 10 estiercol de ganado)

N°	Análisis mecánico			Clase Textural	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100g)					% Sat. Bas.	% Aci. Inter	
	% Arena	% Arcilla	% Limo									Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺			Al ³⁺ +H ⁺
3	54.5	12	33.5	F. Aren	7.723	256.4	2.96	0.1	10	236.65	18	14.23	2.56	0.6	0.3	0	0	100	0

pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	% M.O.	% N	P ppm	K ppm	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	Al ³⁺	Al ³⁺ +H ⁺
7.723	256.36	2.96	0.148	10.32	236.65	14.23	2.56	0.32	0	0
Moderadamente alcalino	No hay problemas de sales	Medio	Normal	Medio	Medio	Alto	Normal	Bajo		

d.a \rightarrow 1.51 t/m³

SOLICITANTE: ABEL NICOLAS PANDURO PEÑAHERRERA

FECHA DE REPORTE: 27/11/2018

Existencia en suelo		Extracción de 1000 kg Sacha Inchi		Balance	Reposición con fertilización orgánica mínima			
N	28.2 kg/ha	N	95 kg/ha	-66.8	Guano de isla	0.00 kg/ha	0	g/planta
P ₂ O ₅	4.5 kg/ha	P ₂ O ₅	30 kg/ha	-25.5	Roca fosfórica			g/planta
K ₂ O	240.1 kg/ha	K ₂ O	110 kg/ha	130.1	Sulfato de potasio	0.00 kg/ha	0	g/planta
MgO	62.4 kg/ha	MgO	20 kg/ha	42.4	Sulpomag			g/planta
CaO	481.3 kg/ha	CaO	10 kg/ha	471.3				g/planta

Existencia en suelo		Extracción de 1000 kg Sacha Inchi		Balance	Reposición con fertilización química mínima			
N	28.2 kg/ha	N	95 kg/ha	-66.8	Urea	0.00 kg/ha	0	g/planta
P ₂ O ₅	4.5 kg/ha	P ₂ O ₅	30 kg/ha	-25.5	Fosfato diamónico	0.00 kg/ha	0	g/planta
K ₂ O	240.1 kg/ha	K ₂ O	110 kg/ha	130.1	Sulfato de potasio			g/planta
MgO	62.4 kg/ha	MgO	20 kg/ha	42.4	Sulpomag	0.00 kg/ha	0	g/planta
CaO	481.3 kg/ha	CaO	10 kg/ha	471.3				g/planta

La presente recomendación se hace considerando que se quiere obtener una producción de 1000 kg/ha de Sacha Inchi, observando que el suelo es de fertilidad media por los niveles de los siguientes parámetros:

pH \rightarrow Moderadamente alcalino

N \rightarrow Normal K \rightarrow Medio Al³⁺+H⁺ \rightarrow

P \rightarrow Medio Clase textural \rightarrow F. Aren Distanciamiento \rightarrow 3 x 2.5 = 1333 plantas/ha

Observando los parámetros obtenidos en el análisis de suelo, se plantea dos tipos de fertilización a elegir, una orgánica y una química; se recomienda aplicar:

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA		FERTILIZACIÓN QUÍMICA	
0.00	g de Guano de isla planta	0.00	g de Urea por planta
0.00	g de Roca fosfórica	0.00	g de Fosfato diamónico planta
0.00	kg/ha de Sulfato de Potasio	0.00	kg/ha de Cloruro de potasio
0.00	g de Sulpomag planta	0.00	g de Sulpomag por planta
0.00		0.00	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
 Facultad de Ciencias Agrarias
 Ing. Carlos Verde Girbau

Anexo 7. Resultado del Análisis microbiológico del sustrato: Bacteria aerobias heterotróficas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional de Agronomía
Laboratorio de Microbiología Agrícola



Tarapoto, 03 de diciembre del 2018

INFORME DE RESULTADOS: N° 009-2018

Solicitante: ABEL PEÑAHERRERA

Fecha de llegada muestra: 26-11-2018

Fecha de análisis: 28-11-2018

Fecha de culminación: 30-11-2018

Condición de llegada de muestra: Bolsas de polipropileno

Detalle de las muestras:

- **T0: Sin Microorganismos de montaña.**
- **T1: Con Microorganismos eficaces.**
- **T2: Microorganismos de montaña.**
- **T3: Microorganismos de montaña + Extracto de Neem.**

METODOLOGÍAS:

- **Recuento Total de Bacterias Aerobias Heterotróficas**
Se realizó de acuerdo a APHA (1992), para la estimación de bacterias en muestras de suelo, humus, bioles, compost y otros relacionados. Se utilizó la técnica de siembra en superficie en medio APC (Agar Plate Count) incubado a 30 °C por 48 horas.

RESULTADOS:

Muestra	RTBA
T0	4.79 x 10 ⁷ D
T1	1.11 x 10 ⁹ B
T2	1.61 x 10 ¹⁰ A
T3	3.91 x 10 ⁸ C

*Los resultados se expresan en Unidades Formadoras de Colonia (UFC)/ g de suelo

CONCLUSIONES:

Se observan diferencias estadísticas entre tratamientos procedentes de diferentes suelos. La población de bacterias aerobias totales en la muestra T2 es mayor, el cual corresponde a la muestra adicionada con microorganismos de montaña.



Blgo. Dr. Winston Franz Ríos Ruiz
Responsable del Laboratorio de Microbiología Agrícola – FCA

Anexo 8. Panel fotográfico



Anexo 8.1. Recolección de frutos de sachá inchi



Anexo 8.2. Frutos secos de sachá inchi recolectados



Anexo 8.3. Descapsulado manual de frutos de sachá inchi



Anexo 8.4. Selección de semillas de sachá inchi



Anexo 8.5. Recolección de fuente de inóculos de microorganismos de montaña



Anexo 8.6. Microorganismos eficientes (EM1-comercial) y de montaña



Anexo 8.7. Producción de microorganismos de montaña – Fase sólida - Anaerobia



Anexo 8.8. Recolección de hojas de Neem



Anexo 8.9. Secado de hojas de Neem



Anexo 8.10. Preparación de extracto de hojas de Neem



Anexo 8.11. Esterilización de componentes del sustrato en autoclave



Anexo 8.12. Preparación del sustrato



Anexo 8.13. Llenado de bolsas almacigueras con el sustrato



Anexo 8.14. Producción de microorganismos de montaña - fase líquida - aerobia



Anexo 8.15. Activación de microorganismos de montaña



Anexo 8.16. Microorganismos de montaña activados



Anexo 8.17. Microorganismos almacenados y ordenados por tratamientos



Anexo 8.18. Desinfección de semillas de sachá inchi



Anexo 8.19. Pregerminación de semillas de sachá inchi



Anexo 8.20. Semillas de sachá inchi emergiendo



Anexo 8.21. Semilla germinada



Anexo 8.22. Repique de semillas seleccionadas para el repique



Anexo 8.23. Preparación del T3 (MM+extracto de neem)



Anexo 8.24. Preparación del T2 (MM)



Anexo 8.25. Aplicación de microorganismos



Anexo 8.26. Plántula en crecimiento



Anexo 8.27. Ubicación de paletas de identificación por tratamientos



Anexo 8.28. Evaluación de la altura de la planta



Anexo 8.29. Evaluación del diámetro de la planta



Anexo 8.30. Evaluación del área foliar de la planta con la app Petiole



Anexo 8.31. Sacrificio de plantas de sachá inchi para la evaluación de la biomasa y sistema radicular



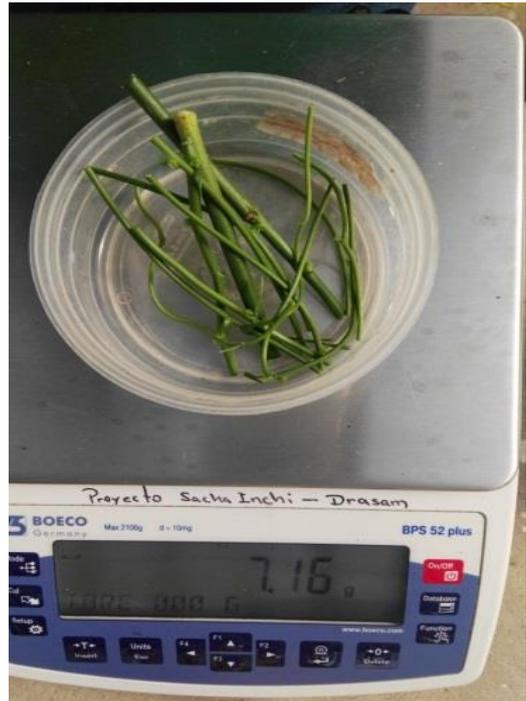
Anexo 8.32. Conteo de número de raíces



Anexo 8.33. Medición de longitud de raíces



Anexo 8.34. Evaluación del peso fresco de las hojas sachá inchi



Anexo 8.35. Evaluación del peso fresco del tallo de sachá inchi



Anexo 8.36. Evaluación del peso fresco de las raíces de sachá inchi



Anexo 8.37. Organización de muestras de sachá inchi para el secado



Anexo 8.38. Muestras en la estufa para el secado



Anexo 8.39. Evaluación del peso seco aéreo y radicular de sachá inchi

Muestra	Total	Fr. de raíces	Longitud de raíz (cm)	Área total (cm²)	Fr. de hojas	Fr. de tallos	Fr. de flores	Fr. de frutos	Fr. de semillas	Fr. de otros	Fr. de agua	Fr. de cenizas	Fr. de fibra	Fr. de lignina	Fr. de celulosa	Fr. de hemicelulosa	Fr. de pectina	Fr. de otros
P1	15	23.2	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
P2	12	21.9	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
P3	12	21.9	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
P4	12	21.9	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
P5	15	23.2	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
P6	12	21.9	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
P7	12	21.9	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
P8	15	23.2	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
P9	12	21.9	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
P10	15	23.2	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
P11	12	21.9	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
P12	15	23.2	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
P13	12	21.9	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
P14	15	23.2	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
P15	12	21.9	2.10	3.36	2.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7

Anexo 8.40. Apuntes de los datos de las evaluaciones



Anexo 8.41. Plantas de sachá inchi en el invernadero



Anexo 8.42. Diferencia de los efectos de los tratamientos en las plantas de sachá inchi