



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria, FAREM-Estelí

Efecto de fertilización con harina de roca en parámetros morfológicos del crecimiento de *Moringa oleifera* Lam

Trabajo de seminario de graduación para optar

Al grado de

Ingeniero Ambiental

Autores

Br. Allison Jailene Rizo Herrera

Br. Harold Alberto Chavarría Herrera

Br. Israel Antonio Vásquez Parrales

Tutor

MSc. Kenny López Benavides

**Estelí, Nicaragua
Mayo 2019**

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo primeramente **a Dios**, nuestro creador, por habernos dado la vida, por cada una de sus bendiciones y permitimos haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional.

A nuestros padres, por ser el pilar más importante en la tierra y demostrarnos siempre su cariño, su comprensión, tolerancia y apoyo incondicional en todo momento para continuar firmes y perseverantes.

De manera muy especial dedicamos este trabajo también **a nuestros seres queridos**, por su apoyo brindado, alegrías, consejos, compañía y ánimos en los buenos y malos momentos para no rendirnos y seguir adelante.

Dedicamos este arduo trabajo a nuestro buen equipo de trabajo por apoyarnos en nuestro crecimiento profesional y contribuir sin esperar nada a cambio para poder culminar con éxito nuestra carrera.

Br. Allison Jailene Rizo Herrera

Br. Harold Alberto Chavarría Herrera

Br. Israel Antonio Vásquez Parrales

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por su gran amor, salud, entendimiento, fuerza y su inmensa misericordia, por la sabiduría e inteligencia que nos ha dado para superar todos los obstáculos a lo largo de toda nuestra vida.

A nuestros padres que, con su demostración de ser unos padres ejemplares, nos han enseñado buenos valores, a no desfallecer ni rendirnos ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

Al Ing. Kenny López Benavides director de tesis, por su valioso tiempo, compromiso, paciencia, guía y asesoramiento a la realización de la misma.

De igual manera, agradecemos a la Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM-Estelí), por contribuir en nuestra formación profesional y habernos instruido en valores éticos y morales que nos serán de gran utilidad en lo largo de nuestra vida.

A la Estación Experimental El Limón, perteneciente a dicha Facultad por haber permitido realizar nuestra investigación.

A todos los docentes de la Facultad por habernos transmitido sus aportes, conocimientos, experiencias y aprendizajes vividos en cada una de las asignaturas impartidas durante estos cinco años de la carrera, que nos servirán para solucionar problemas ambientales existentes en nuestro país.

Gracias a todas las personas que apoyaron directa e indirectamente en la realización de este trabajo.

Br. Allison Jailene Rizo Herrera

Br. Harold Alberto Chavarría Herrera

Br. Israel Antonio Vásquez Parrales

RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental “El Limón”, con la finalidad de evaluar la efectividad de diferentes dosis de harinas de rocas en parámetros morfológicos del crecimiento de *Moringa oleífera* Lam en condiciones controladas de invernadero. Para esta investigación se establecieron cinco tratamientos, con un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA): T₁: 25 (g) de harina de roca, T₂: 50 (g) de harina de roca, T₃: 75 (g) de harina de roca, T₄: 100 (g) de harina de roca y T₅: sin fertilización (control). Se evaluó todo lo relacionado al índice de calidad con variables determinadas como el diámetro, altura, n° de hojas, por consiguiente, la biomasa radicular y aérea.

Cada bloque experimental contenía todos los tratamientos a evaluar y a su vez, 50 plantas equivalentes a un total de 250 plantas asignados aleatoriamente. Tomando en cuenta la capacidad de campo realizada, se aplicó un uso consecutivo de 204 cc de agua con una frecuencia de aplicación de cada dos días, con un recipiente plástico. De igual forma, se hicieron mediciones semanales del diámetro al cuello de la planta, altura y conteo del número de hojas.

Al momento de realizar las mediciones tanto para diámetro, altura y número de hojas, los valores que se identificaron es que el tratamiento control y 25 g son los tratamientos que mejor se ajustaron en el comportamiento de *Moringa oleifera*; en cuanto al desarrollo en diámetro, los mismos dos tratamientos antes mencionados obtuvieron un mejor comportamiento en la planta a comparación con los otros tres tratamientos.

En relación a la altura se encontraron diferencias significativas, ya que las plantas de los tratamientos 75 y 100 g se comportaron de manera diferente en la especie de Marango, es decir, que los primeros tres tratamientos tuvieron mejores resultados en cuanto a la altura. En relación a las variables morfológicas asociadas al desarrollo como por ejemplo número de hojas y producción de biomasa, las dos especies tuvieron un cambio a partir de las terceras mediciones, mostrando mayores diferencias entre especies a partir de la cuarta y quinta semana.

Palabras claves: *Moringa oleifera*, bloques completos al azar, invernadero, índice de calidad.

Tabla de contenido

I. INTRODUCCIÓN	I-6
II. DESCRIPCIÓN DEL PROBELMA	II-8
III. JUSTIFICACIÓN	III-12
IV. OBJETIVOS	IV-14
4.1. General	IV-14
4.2. Específicos.....	IV-14
V. ANTECEDENTES	V-15
5.1. Zonas de riesgo.....	V-19
VI. MARCO TEORICO	VI-21
6.1. Información de las especies a estudiar.....	VI-21
6.1.1. Concepto de Marango	VI-21
6.1.2. Harina de rocas	VI-24
VII. HIPÓTESIS	VII-26
VIII.MATERIALES Y MÉTODOS	VIII-27
8.1. Área de estudio	VIII-27
8.2. Tipo de estudio.....	VIII-27
8.3. Población y muestra	VIII-28
8.4. Tipo de muestreo	VIII-28
8.5. Aspectos a evaluar.....	VIII-28
8.6. Fases del estudio	VIII-29
8.6.1. Establecimiento del experimento	VIII-30
8.6.2. Régimen de riego del cultivo.....	VIII-30
8.6.3. Fase de vivero	VIII-31
8.6.4. Germinación de las semillas	VIII-31
8.6.5. Evaluación del crecimiento	VIII-33
8.6.6. Producción y distribución de biomasa aérea y subterránea en <i>Moringa oleifera</i>	VIII-34
IX. DISEÑO METODOLÓGICO	IX-35

9.1. Diseño experimental	IX-35
9.2. Manejo experimental.....	IX-35
9.3. Método de muestreo	IX-36
9.4. Determinación de la Capacidad de Campo (CC)	IX-37
X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	X-40
10.1. Determinación en el comportamiento de desarrollo en diámetro, altura y número de hojas en función de los tiempos de muestreo	X-40
10.1.1. Efecto de la fertilización respecto a la altura	X-40
10.1.2. Efecto de la fertilización respecto al diámetro	X-41
10.1.3. Efecto de la fertilización respecto al número de hojas.....	X-42
10.2. <i>Determinación el efecto de diferentes dosis de harina de roca en la producción de biomasa aérea y radicular en plántulas de Moringa oleifera.</i>.....	X-43
10.2.1. Efecto de la diferente dosis de harina en la producción de biomasa aérea y radicular	X-43
XII. RECOMENDACIONES.....	X-46
XIII. BIBLIOGRAFIA.....	X-47
XIV. ANEXOS	X-49

I. INTRODUCCIÓN

Los productos químicos forman parte de la vida cotidiana. En el mundo hay de cinco a siete millones de distintos tipos de sustancias químicas conocidas. Al año se producen al menos 400 millones de toneladas de productos sintéticos en el mundo, entre ellos, químicos para la agricultura, aditivos de los alimentos, medicinas, combustibles para la producción de energía. Sólo en América del Norte, se desarrollan cada año por lo menos 1,200 productos químicos nuevos (OIT, 2016).

La restauración y el rejuvenecimiento de los suelos a través de la utilización de los polvos de piedras o harina de rocas es un procedimiento sano y por ningún motivo la utilización de la harina de rocas es solamente un sistema alternativo aislado de la fertilización.

Las harinas de rocas han demostrado su efectividad como fertilizante y además, aportan los nutrientes básicos que cumplen un papel muy importante en el desarrollo de los sistemas de defensa de las plantas (producción de fitoalexinas), así como en la calidad nutracéutica de los alimentos. Este es un producto proveniente de la molienda de distintas rocas con un alto contenido mineral para así poder convertirlas dentro de su combinación en un complejo mineral con fines para ser utilizado dentro de la agricultura orgánica y convencional, principalmente en la recuperación de aquellos suelos desgastados o suelos pobres.

La invasión de la vegetación produce la aparición de un nuevo material, la materia orgánica que provoca cambios bioquímicos en el suelo. En las últimas décadas, la agricultura se ha apoyado principalmente en tres diferentes minerales: nitrógeno (N), potasio (K), fósforo (P). Este proceso de la agricultura “moderna” fue promovido en todo el mundo cuando en realidad, teníamos a nuestro alcance un amplio espectro de minerales que nos podían suministrar naturalmente las rocas a través de la remineralización del suelo (Plasencia, 2012).

Los tecnócratas contemporáneos ostentaron el falso o dudoso privilegio de tener un papel único y sin precedentes en el desarrollo de la agricultura industrial para el

logro del bienestar humano; sin embargo, los mismos son la especie que más ha desarrollado el poder de cometer un suicidio colectivo y de destruir toda la vida en la tierra a partir del invento, la producción y aplicación de tecnología (máquinas, venenos, fertilizante, etc.) inadecuada en los ecosistemas agrarios (Rivera, 2007).

En muchos suelos ácidos del mundo, especialmente en los trópicos, los problemas de fertilidad limitan la producción de cultivos, puesto que estos suelos generalmente tienen bajo contenido de fósforo (P) para las plantas y a menudo tienen una alta capacidad de fijación, lo que resulta una baja eficiencia de uso de los fertilizantes fosfóricos solubles en agua que hoy en día nuestros campesinos aplican en sus parcelas de cultivos por falta de conocimiento, y al final estos químicos degradan los suelos y obtenemos alimentos de mala calidad muy contaminados que vienen a provocar enfermedades cancerígenas en las personas (Chien, 2003).

La correcta nutrición de un cultivo está dada por la diversidad mineral, su presencia constante y localidad de esta, siempre tomando en cuenta el papel de la energía física, química y biológica del suelo. Con este proceso productivo estamos agilizando la fragmentación de las rocas por la meteorización. Los polvos de piedra son disueltos por el trabajo de la microbiología, flora y fauna del suelo, que en conjunto de la energía química y física ponen diariamente a disposición de las plantas los minerales que requieren para su óptimo crecimiento y desarrollo.

Por tal razón, el presente estudio pretende determinar el potencial de la harina de roca como fertilizante natural, puesto a que es una buena alternativa debido a que se lograrán numerosos beneficios como aumentar las producciones en las cosechas de los cultivos, consumo de alimentos sanos, ricos en minerales, de alto contenido nutricional y se vendrá a disminuir en gran manera enfermedades patológicas causadas por fertilizantes químicos que son nocivos para la salud.

II. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA

La producción de la Tierra se encuentra cada día peor estado, en todas partes hay preocupación; nuestros campos no generan cosechas que sean suficientemente abundantes para competir con tierras fértiles. Cambiar esta situación, es el objetivo de nosotros como estudiantes para disminuir el uso de fertilizantes químicos. El hombre, en lugar de estar aprovechando esta enorme mina, compra el material para restaurar la fertilidad del suelo exhausto en forma de medicamentos o para decirlo con más precisión, fertilizantes químicos (FAO, 2001).

En Nicaragua el daño en los suelos que advierte la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se ha agravado en los últimos años porque con la deforestación el agua cae violentamente en los suelos, hay una mayor escorrentía porque no hay nada que detenga al agua y como últimamente las lluvias son cortitas e intensas entonces la percolación de las bases de calcio, magnesio, sodio y potasio es fuerte. Se lavan completamente y lo que quedan son iones de aluminio, manganeso y metales pesados, como el cobre y el zinc en mayor concentración y eso hace que el pH disminuya dramáticamente.

En cada ciclo agrícola los fertilizantes son muy demandados por los productores, para precisar mejor este concepto, les diría que los fertilizantes son una mezcla de sustancia química natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal.

Los fertilizantes, además de enriquecer la tierra pueden contaminarla, eso pasa con los fertilizantes químicos, debido a la presencia de moléculas que difícilmente se descomponen con el paso del tiempo y que se acumulan muchas de ellas en el suelo, en el agua y en el cuerpo humano, transformándose en compuestos tóxicos altamente peligrosos para la vida. Esto se conoce bajo el concepto de "Tasa de Riesgo".

Quizá algunos productores que utilizan estos fertilizantes químicos tienen la experiencia de ver un efecto inmediato sobre el crecimiento de su cultivo, eso los hace ser grandes defensores de la teoría del uso de este agroquímico, y continúen apoyando su uso, pero, existirán otros que lo utilizan porque no tienen otra alternativa. La realidad de las cosas es, que el mundo está más convencido de los daños a la salud que provocan el uso de los químicos en la agricultura.

En Nicaragua existen un centenar de organismos, instituciones, agrupaciones, cooperativas que trabajan de la mano para poder producir y tener buenas cosechas sin el uso de químicos. El producto que obtienen es vendido en el mercado a mejor precio, son producto denominados productos orgánicos. El año pasado un productor orgánico nicaragüense fue condecorado a la excelencia como el productor de café de mejor calidad a nivel mundial.

Así mismo un peligro que se cierne sobre los suelos de Nicaragua, es la degradación de los suelos llega a un momento alarmante que amenaza no solo la producción, sino la salud y alimentación de los habitantes en las zonas del Pacífico y Centro (Romero, 2015).

De acuerdo con normas internacionales, la tasa de degradación del suelo permitida está calculada en cuatro toneladas por hectárea al año, sin embargo, en Nicaragua la degradación ronda las 40 toneladas anuales y su recuperación es mucho más lenta. En el caso de Nicaragua, la recuperación del suelo es cuarenta veces más lenta.

Un aspecto muy importante en la fertilidad de un suelo, es que se debe tomar en cuenta principalmente la cantidad de macro y micronutrientes que el suelo puede proveer a las plantas. Un suelo no es fértil debido a que contiene grandes cantidades de humus (teoría de humus), o de minerales (teoría de minerales), o de nitrógeno (teoría de nitrógeno), sino debido al crecimiento continuo, numerosos y variados microorganismos, principalmente bacterias y hongos, lo cuales

descomponen los nutrimentos a partir de la materia orgánica que suministran las plantas, animales y lo reconstruyen en forma disponible para las plantas.

Otro peligro evidente que afecta el suelo es la deforestación que incrementa la temperatura y la pérdida de fuentes de agua, pero otro de los tantos efectos que provoca es la acidez del suelo. Acidez que se transforma en un factor más que merma la productividad de los cultivos y hace aún más difícil conseguir la rentabilidad de las actividades agrícolas y ponen en riesgo la producción de alimento (FAO, 2001).

El problema es que actualmente nadie está trabajando el tema de la fertilización del suelo con ensayos experimentales e investigación seria, los que están dando asistencia técnica entorno a ese problema son los formuladores y vendedores de insumos y muchas veces ellos venden productos que el suelo no retoma.

Hoy en día, miles de campesinos en el mundo están empezando a utilizar la harina de rocas en la producción de sus alimentos. La industria química ya está procesando la harina de rocas y ha puesto al mercado con diferentes nombres comerciales, como es el caso de la roca fosfórica con alto contenido de este elemento imprescindible para las plantas. Un aspecto muy importante es que la harina de rocas deberá obtenerse de diversos colores de rocas, así se garantiza también el contenido de diversos minerales que son imprescindibles para el desarrollo y el alimento equilibrado de las plantas (Padilla, 2013).

Para mitigar el impacto en los suelos de Nicaragua, se requiere de políticas públicas y privadas, pero sobre todo es urgente concientizar a los agricultores para que modifiquen sus prácticas de producción y comiencen a utilizar fertilizantes y abonos orgánicos para la disminución de enfermedades provocadas por abonos y fertilizantes químicos.

Estudios señalan que para que se forme un metro de suelo se requieren entre 300 y 1,000 años, es por ello que tenemos que entender que no basta solo con hablar sobre la conservación de suelo, sino de establecer políticas que permitan ayudar a recuperarlo. Los productores deben promover el uso de abonos orgánicos en los procesos de cultivos y desarrollar sistemas silvopastoriles, es decir que el ganado pade en extensiones de terrenos boscosos.

En el presente documento están condensadas las dos prácticas más comunes que los campesinos con rapidez vienen adoptando en sus cultivos y parcelas, en lo que trata de maximizar los recursos locales de que disponen en sus fincas, predios u otros lugares donde deseen sembrar. Estas dos prácticas son la preparación de biofertilizantes a base de estiércol de vacas, caldos minerales, así como también los abonos orgánicos fermentados aeróbicos tipo bocashi.

III. JUSTIFICACIÓN

Los bosques de Nicaragua han sido sometidos a un fuerte proceso de deforestación y degradación desde hace varias décadas, lo que ha llevado a la conversión de importantes áreas de suelos de vocación forestal a otro tipo de uso, especialmente agrícola y ganadero.

La presente investigación se ajusta a mejorar la información que hay sobre la importancia de conocer sobre fertilizantes orgánicos como la harina de roca en los suelos agrícolas de la comunidad El Limón del municipio de Estelí.

El conocimiento de la presencia de harina de roca en el suelo es de suma importancia, pues beneficiará a los productores en cuanto a implementación de mejores prácticas para el manejo de los suelos. De igual forma, para el mejor crecimiento de la producción agrícola de las comunidades del departamento de Estelí.

Como estudiantes, pretendemos dar un seguimiento a la incorporación de las harinas de rocas como una práctica fundamental para la regeneración mineral de los suelos cultivados que se encuentran saturados y cansados, ya que las harinas de rocas fueron la base de los primeros fertilizantes usados en la agricultura, pues constituyen los minerales esenciales para salud del suelo y así obtener resultados positivos en el aumento de nuestras cosechas y seguir garantizando el equilibrio nutricional de las plantas.

Los bosques de Nicaragua han sido sometidos a un fuerte proceso de deforestación y degradación desde hace varias décadas, lo que ha llevado a la conversión de importantes áreas de suelos de vocación forestal a otro tipo de uso, especialmente agrícola y ganadero.

Además, se pretende convertir las piedras en nutrientes minerales para las plantas y transformar suelos con bajos resultados, en fructíferos y que los alimentos sean

producidos de manera sana para prevenir enfermedades en los seres vivos causados por contaminantes químicos que aplicamos a nuestros suelos. Es una forma de ahorrar grandes cantidades de dinero, y hacer que la agricultura sea una actividad más rentable que permitirá que nuestros campesinos vuelvan a trabajar la tierra de una manera saludable y sostenible.

IV. OBJETIVOS

4.1. General

- Evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilización con harina de roca en parámetros morfológicos de crecimiento diámetro, altura y número de hojas de *Moringa oleifera* en condiciones controladas (invernadero).

4.2. Específicos

- Determinar el efecto de diferentes dosis de harina de roca en el comportamiento del diámetro, altura y número de hojas de *Moringa oleifera*.
- Describir el resultado de los distintos tratamientos de harina de roca en la producción de biomasa aérea y radicular en plántulas de *Moringa oleifera*.

V. ANTECEDENTES

En los próximos años, muchos de los problemas medioambientales relacionados con la agricultura seguirán teniendo gravedad y en algunos casos se acentuarán aún más; así mismo se puede afirmar que la producción agropecuaria tiene un profundo efecto en el ecosistema siendo la principal fuente de contaminación del suelo por nitratos, fosfatos y plaguicidas (FAO, 2001).

Sin embargo, todo esto es posible evitarlo, siempre y cuando se tome conciencia de los daños y consecuencias que las malas praxis están dejando sobre todas las superficies cultivables del planeta.

En las proyecciones de cultivos para el año 2030, se supone una disminución notable en el uso de fertilizantes nitrogenados y de productos químicos contaminantes que en el pasado y en el presente han venido causando daños adversos, intentando de esta manera mejorar el rendimiento no solo de los cultivos como producto final de extracción sino también del suelo como patrón acogedor fundamental de todos los insumos consumidos por los habitantes del planeta.

Es por esto, que el estudio de harina de roca como fertilizante es importante para la aplicación de métodos que frenen notablemente el daño que a lo largo de los años por falta de conocimiento se le ha ocasionado al planeta y que en la actualidad es de vital importancia.

A partir de lo anteriormente expuesto, surge el rescate de prácticas ancestrales beneficiosas no solo para el medio ambiente sino también para sus habitantes. En años anteriores instituciones del estado como es el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) han venido trabajando y manejando el tema de la fertilización del suelo mediante la aplicación de fertilizantes químicos como la harina de roca, sin embargo, la mejor manera de mejorar los suelos es con la aplicación de fertilizantes químicos como lo es la harina de roca y materia orgánica (INTA - PN, 2003).

Es un problema grave hoy en día la aplicación de fertilizantes químicos, ya que, nuestros suelos eran ricos en minerales y producían mejores cultivos permitiendo a nuestros alimentos alcanzar dosis de vitaminas y minerales saludables. Las plantas eran más resistentes y capaces de repeler insectos y plagas que ahora son constantes y son una amenaza para los agricultores. En el paso de los años el suelo se ha agotado en minerales. La harina de roca tiene el potencial de incrementar la densidad de nutrientes en nuestros cultivos de alimentos a través de la remineralización de suelo.

“El país tiene muchos años de estar fomentando sistemas agroecológicos y orgánicos, por tanto, era necesaria una ley que reconociera el valor y la validez de estos modelos que a diferencia de los modelos tradicionales no usan agroquímicos y que dan buenos resultados a las familias que los están implementando”, señala Aguirre.

En la actualidad el proyecto de Agricultura, Suelo y Agua (ASA) ha realizado estudio sobre humedad de suelos, tasa de infiltración densidad aparente del suelo materia orgánica del suelo, con el objetivo de promover el mejor manejo de los suelos agrícolas de tres comunidades del departamento de Estelí.

Sin duda alguna los impactos más evidentes de la deforestación son el incremento de la temperatura y la pérdida de las fuentes de agua, pero otro de los tantos efectos que provoca es la acidez del suelo, acidez que se transforma en un factor más que merma la productividad de los cultivos y hace aún más difícil conseguir la rentabilidad de las actividades agrícolas y pone en riesgo la producción de alimentos.

“La acidez del suelo es un grave obstáculo para la producción de alimentos en todo el mundo. Las capas arables más ácidas en el mundo se encuentran en zonas de América del Sur que han sufrido la deforestación y la agricultura intensiva”, advierte el estudio el estado de los recursos de suelos en el mundo.

Dicha investigación fue elaborada por el grupo técnico de suelos de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en inglés) y reúne el trabajo de unos doscientos especialistas en suelo de sesenta países. Se publicó el 4 de diciembre del año pasado durante la celebración del Día Mundial del Suelo, que coincidió con la clausura del Año Internacional de los Suelos 2015 de la Organización de Naciones Unidas (ONU).

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), ha elaborado algunos trabajos sobre Estrategia nacional para el fomento de la producción orgánica en Nicaragua. Estos trabajos no llegan a todos los productores y muy poco son vistos en los medios de comunicación. Amigos productores, creo necesario que se le dé más importancia a este asunto, que no sólo es un problema nacional sino que internacional, acostúmbrense a utilizar cada vez menos agroquímicos porque nos envenenan, no hagamos lo mismo de los años 70's cuando Somoza dejó que entraran al país grandes cantidades de pesticidas, entre ellos el NEMAGÓN, y los productores lo utilizaban con gran éxito, ven ahora el problema.

Existen muchas Organizaciones No Gubernamentales (ONG), que han hecho grandes labores en el país para crear mentalidades en los productores y tecnología más adecuadas con el medio ambiente. Estos fertilizantes orgánicos no dañan la salud humana ni del medio ambiente; le ofrecen también un proyecto y asistencia técnica en sistemas de riego y drenajes. ¿Por qué no apostar a una mejor Nicaragua?, más justa, más culta, culta hasta para producir, menos dependiente, con menos contaminación, donde participemos todos, hagamos lucir más bonita y sana a Nicaragua, con un próspero turismo de verdad. Pongamos la basura en su lugar...la basura puede ser el elemento principal para producir fertilizantes orgánicos en Nicaragua.

Así mismo un peligro que se cierne sobre los suelos de Nicaragua, es la degradación de los suelos llega a un momento alarmante que amenaza no solo la

producción, sino la salud y alimentación de los habitantes en las zonas del Pacífico y Centro (Romero, 2015).

De acuerdo con normas internacionales, la tasa de degradación del suelo permitida está calculada en cuatro toneladas por hectárea al año, sin embargo, en Nicaragua la degradación ronda las 40 toneladas anuales y su recuperación es mucho más lenta. En el caso de Nicaragua, la recuperación del suelo es cuarenta veces más lenta.

Un aspecto muy importante en la fertilidad de un suelo, es que se debe tomar en cuenta principalmente la cantidad de macro y micronutrientes que el suelo puede proveer a las plantas. Un suelo no es fértil debido a que contiene grandes cantidades de humus (teoría de humus), o de minerales (teoría de minerales), o de nitrógeno (teoría de nitrógeno), sino debido al crecimiento continuo, numerosos y variados microorganismos, principalmente bacterias y hongos, lo cuales descomponen los nutrimentos a partir de la materia orgánica que suministran las plantas, animales y lo reconstruyen en forma disponible para las plantas.

Otro peligro evidente que afecta el suelo es la deforestación que incrementa la temperatura y la pérdida de fuentes de agua, pero otro de los tantos efectos que provoca es la acidez del suelo. Acidez que se transforma en un factor más que merma la productividad de los cultivos y hace aún más difícil conseguir la rentabilidad de las actividades agrícolas y ponen en riesgo la producción de alimento (FAO, 2001).

La acidez del suelo es un grave obstáculo para la producción de alimento en todo el mundo. Las capas arables más ácidas en el mundo se encuentra en América del Sur, que han sufrido la deforestación y la agricultura intensiva advirtiendo el estado de los recursos de suelo en el mundo. También la acidez del suelo bloquea o inhibe el funcionamiento de algunos nutrientes. Entonces, aunque estén presentes en el suelo no están disponibles para las plantas.

En la RAAN han surgido problemas de acides de suelo y para solucionarlo se quiere plantear una alianza entre varias organizaciones para profundizar en el tema, pero de momento no tenemos resultados porque este estudio depende de la existencia de presupuesto para investigación y no hay recursos, pero antes de contra restar este daño, lo importante es hacer diagnóstico de los suelos del país para necesidades reales (FAO, 2001).

5.1. Zonas de riesgo

En Nicaragua son mucho más alarmantes las zonas de riesgo en el Occidente del país, así como en la zona Central. La implementación de sistemas de producción agresivos y las malas prácticas en la ganadería provocan la degradación de los suelos. La quema de pasto donde no hay ninguna cobertura, la tala de árboles, corte de todo el rastrojo, el pasturaje expansivo, el uso de químicos para los cultivos provoca que el suelo pierda elementos que lo protegen y causa una mayor degradación.

Estos territorios se han originado gracias a cenizas volcánicas, lo que las ha hecho una tierra muy fértil y con una tasa de recuperación muy buena, sin embargo, con el uso tan intensivo y agresivo realizado en este suelo, por los agroquímicos, se ha venido debilitando su capacidad de recuperación y ha venido degradándose fuertemente en los últimos 50 o 60 años y su capacidad de recuperación se mantiene igual, hay un desequilibrio negativo.

Además, la parte central del país (zona de montaña) registra afectaciones en el suelo, producto de las malas prácticas agrícolas, especialmente en la agricultura, que se hace en las laderas. Los ríos se llenan de sedimentos que arrastra la lluvia, pero el problema es que esos sedimentos acarrearán todo lo que se aplica laderas arriba, fertilizantes que luego los encontramos en ríos, lagos y cuerpos de aguas. Mientras, en la zona del Pacífico se combinan tres elementos: erosión hídrica, eólica y la degradación química.

Estos sistemas de producción tradicionales, donde uno quema las pasturas, corta todo el rastrojo y no deja cobertura de suelos, son los sistemas que con mayor volatilidad ayudan a erosionar los suelos. Todos estos elementos representan un peligro para la salud alimentaria debido a fertilizantes químicos que contaminan el suelo. Cuando se respira aire en estas zonas no solo es oxígeno lo que entra a tus pulmones, sino también polvo, residuos de agroquímicos.

VI. MARCO TEORICO

6.1. Información de las especies a estudiar

6.1.1. Concepto de Marango

Nombre científico: *Moringa oleifera*

Familia: Moringácea

Denominación: Marango

Proteína: 9.4 (g)

El Marango es un árbol originario del sur del Himalaya, Noroeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. Se encuentra diseminado en una gran parte del planeta. En América Central fue introducido en los años 1,920 y se encuentra en áreas desde el nivel del mar hasta los 1,800 metros. Se puede reproducir por estacas o semillas. (Nikolaus Foidl, 2016).

La *Moringa oleifera* conocida comúnmente como Marango, fue introducido en Nicaragua en los primeros 20 años del siglo XXI como un árbol ornamental y fue usado como una cerca viva y como cortina rompe viento, es una de las plantas multipropósito más versátiles, ya que sus diferentes partes pueden ser utilizadas para: alimentación humana y animal, ornamental, biocombustibles, control de erosión, purificación de agua, entre otros, y es también utilizado en la medicina tradicional (Mortón, 1991).

Se desconocía que el mismo contenía los 20 aminoácidos esenciales; y pese a ser tan solo un vegetal, tiene un nivel de proteínas del 24% al 29% (contenido solo en carnes). La semilla puede utilizarla para combatir la diabetes y se puede tomar como suplemento que ayuda a regular la diabetes, además, con la semilla se puede purificar el agua hasta en un 99%.

Es un árbol de crecimiento rápido, alcanza de 7 a 12 m de altura hasta la corona y su tronco posee un diámetro de 20 a 40 cm, con una copa abierta, tipo paraguas,

fuste generalmente recto, tiende a echar raíces fuertes y profundas y tiene una vida relativamente corta, alcanzando un promedio de 20 años.

Posee Flores bisexuales con pétalos blancos, estambres amarillos, perfumadas. Frutos en cápsulas, dehiscentes de 20 a 40 cm de longitud. Contienen de 12 a 25 semillas por fruto. Las semillas son de forma redonda y color castaño oscuro con 3 alas blanquecinas. Cada árbol puede producir de 15,000 a 25,000 semillas por año. El árbol de Marango (*Moringa oleífera*), posee un alto contenido de proteínas en sus hojas, ramas y tallos. Sus frutos y flores contienen vitaminas A, B y C y proteínas. Las semillas tienen entre 30 y 42% de aceite y su hoja contiene un 60% de proteína.

Nicaragua tiene aproximadamente 300 hectáreas de marango a nivel comercial, destacando como un cultivo promisorio, un cultivo de vida. De cara al fortalecimiento del Desarrollo Humano y seguridad alimentaria, el desarrollo del cultivo ha sido planteado como una prioridad por el Gobierno de Nicaragua. Las importantes cualidades de esta planta es que posee un alto grado de sobrevivencia (se puede cultivar en altas y bajas densidades, tanto para follaje como para semilla), por lo que en temporadas como las que está atravesando Nicaragua, en relación al fenómeno de El Niño, es una gran opción para los productores.

El marango sirve como una fuente proteica alternativa para la elaboración de alimentos para animales (concentrado para cerdos de engordes, plantas forrajeras, etc.); incluso, puede establecerse un banco de proteínas de alta densidad y aprovechar el forraje, en épocas secas, el árbol de marango luce siempre 'verdecito', por lo que representa a futuro una alternativa para forraje de ganado; sin obviar sus significativas bondades para curar enfermedades al ser consumido como medicina natural.

En general, esta planta en todas sus presentaciones sirve como alimento preventivo de ciertas enfermedades puesto a que puede aumentar los niveles de antioxidantes que ayuda a las células a neutralizar los radicales libres debido al estrés oxidativo.

6.1.1.1. Propiedades medicinales

La moringa, hojas y vainas cuando se toman en forma regular, **se** alimenta el cuerpo con vitaminas y minerales necesarios. Las hojas, vainas y semillas de corteza y de frutos tienen valor medicinal, ya que, contiene zeatina que es una enzima que acelera el crecimiento y desarrollo no solo de los órganos humanos y animales, sino también de diversos vegetales.

6.1.1.2. Datos agro-tecnológicos

Hábitat y distribución geográfica del marango: el marango es una plántula de origen tropical la cual se desarrolla en climas húmedos semihúmedos y semiáridos. Tiene una ventaja muy importante la cual se puede desarrollar en todo tipo de suelo desde suelos alcalinos hasta suelos ácidos, aunque la mejor respuesta en desarrollo y productividad se da en suelos neutros o alcalinos, arenosos o bien drenados donde el nivel freático permanece alto todo el año tolera suelos arcillosos con excesos de agua (encharcamiento).

6.1.1.3. Obtención del marango

Se obtiene por siembra directa colocando directamente la semilla en el suelo preparado o por propagación vegetativa, las estacas del marango se cortan al final de la época seca y posteriormente se trasplanta al terreno preparado el cual debe estar bastante húmedo, las hojas en muy buen estado son lavadas con agua clorada y se secan en un horno artificial para su procesamiento final, las hojas se muelen para obtener un polvo fino.

6.1.1.4. Descripción microscópica

Si la fruta la cortamos en un corte transversal, presenta varias semillas dispuestas a lo largo, las cuales tienen en las zonas parénquimas, paredes celulares y

huecos, con una apariencia reticulada, luego aparece una región de fibras que contiene cristales. El endospermo es una capa siempre con gotas de aceite que está asociado con dos no tres capas de células aplanadas, en el tallo se observan fibras de paredes espesas que reducen el aplastamiento de la fibra así mismo la raíz en ese corte transversal produce una goma de color rojizo pardusco.

Descripción macroscópica

Semilla:

- ✓ Son de color castaño con tres alas blancas delgadas.

Fruto:

- ✓ Es una cápsula colgante de color castaño triangular con 20 cm de largo y 1 cm de diámetro.

Raíz:

- ✓ Gruesa con engrosamiento tuberoso y muy larga, lo que hace que este árbol soporte largos períodos de sequías.

Tallo aéreo:

- ✓ Tiene un diámetro de 20 a 40 cm, su tamaño es irregular y puede alcanzar una altura de 1.5 m antes de ramificarse.

6.1.2. Harina de rocas

La harina de rocas se compone de partículas finas, generado por la trituración mecánica de las rocas por la erosión artificial de molindas, expansión de grietas y por el rompimiento de las formaciones rocosas. (Restrepo, 2007). En el uso agrícola tiene un efecto muy poderoso en la restauración de los minerales y nutrición del suelo.

La harina de rocas molidas fue la base de los primeros fertilizantes usados en la agricultura para asegurar el equilibrio nutricional de las plantas. Muchas rocas contienen minerales de alta calidad para la elaboración de la harina de rocas, ricas

en elementos necesarios como el silicio, aluminio, hierro, calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso, cobre, cobalto, zinc, fósforo, azufre que permiten prevenir enfermedades como el cáncer, diabetes y muchas otras más.

La utilización de los polvos de piedras o harina de rocas es un procedimiento sano, por ningún motivo la utilización de la harina de rocas es solamente un sistema alternativo aislado de fertilización. Biológicamente es un proceso complejo y lento.

6.1.2.1. Aplicación de harinas de rocas

Las harinas de rocas han demostrado su efectividad como fertilizante y además de aportar los nutrientes básicos al suelo y a las plantas, estas aportan una gran cantidad de oligoelementos y elementos trazas, así mismo, contiene las denominadas "Tierras Raras" que cumplen un papel muy importante en el desarrollo de los sistemas de defensa de las plantas (la producción de fitoalexinas), así como en la calidad nutracéutica de los alimentos.

6.1.2.2. Composición

Complejo mineral proveniente de rocas ricas en diversidad de elementos, que al molerse ayudan a la recomposición mineral del suelo, ayudando así a las plantas y al suelo a fortalecerse. Por ejemplo, la harina de rocas Gaias es el resultado de la selección de rocas de diferente origen (volcánicas, metafóricas y sedimentarias), que nos permiten cubrir las necesidades de más de 50 elementos esenciales para el mejor desarrollo de los cultivos.

6.1.2.3. Fertilizante mineral para el suelo

En la mezcla de harina de roca se encuentran 72 elementos nutricionales incluyendo tierras raras. La Leonardita es materia orgánica mineralizada (humus) que contiene Ácidos Húmicos y Fúlvicos.

6.1.2.4. Usos y aplicaciones

- ✓ En la elaboración de biofertilizantes, fertilización directa en cultivos orgánicos y biomineralización de compostas y Humus de Lombriz

VII. HIPÓTESIS

En el uso de harina de roca como fertilizante y en asocio con la planta de *Moringa oleifera*, se alcanza un mayor efecto en producción, desarrollo y calidad en relación al comportamiento que ésta tenga con fertilizantes químicos.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. Área de estudio

El estudio se realizó en la Estación Experimental “El Limón”, adscrita a la UNAN – Managua / FAREM – Estelí, está ubicada a 1.5 km de la ciudad de Estelí entre las coordenadas 13°03'47.17" latitud norte y 86°21'40.30" longitud oeste con una altitud de 884 m.s.n.m., su clima se caracteriza por ser seco con una precipitación media anual de 804 mm, concentrada en la época lluviosa (mayo – octubre). Su temperatura media anual es de 21.5°C y su humedad relativa promedio anual es del 70%. El suelo es franco con abundantes rocas blandas.

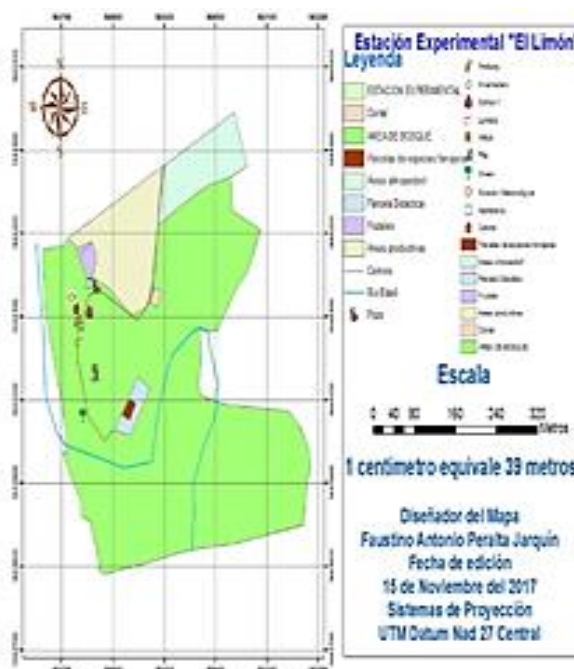


Figura 1. Mapa físico de la Estación Experimental El Limón.

8.2. Tipo de estudio

Según su enfoque filosófico, es de tipo cuantitativo porque se hizo a través de conteos y mediciones de las variables (altura, diámetro, hojas y biomasa). El método que se utilizó es experimental, porque consiste en la manipulación de los factores en diferentes niveles de estudio. Además, se considera analítico porque determinamos los efectos y las causas a través de pruebas de hipótesis estadísticas.

Conforme a su nivel de profundidad, este estudio es exploratorio y explicativo, puesto que, en el área de estudio no se había realizado una investigación con estas características, así mismo, porque explica el efecto de los factores y sus niveles de estudios en los parámetros a evaluar. De acuerdo al tiempo en el que

se efectuó la investigación, es de corte transversal, porque las variables u objetos de estudio se midieron en un solo período y no en series de tiempo (estudio longitudinal).

8.3. Población y muestra

La población total a estudiar es igual a la muestra, ya que se tomaron 250 individuos de la especie de *Moringa oleifera*. En dicho estudio, se destinaron 50 plantas por cada tratamiento (t.1, t.2, t.3, t.4, t.5), esto por razones representativas y para el efecto de los análisis estadísticos.

8.4. Tipo de muestreo

Se realizó con parámetros estadísticos, también se ejecutó el efecto borde para determinar el comportamiento de éstas y así obtener nuestras variables de índice de calidad..

8.5. Aspectos a evaluar

- **Biomasa (aérea – subterránea):** se cortó un área de 2 x 3 mts. En una parcela bruta en la etapa de prefloración, de donde se obtuvo la muestra para calcular biomasa en kg.
- **Altura:** esto se determinó a través de la longitud que logró alcanzar la planta y se midió en centímetros.
- **Diámetro:** la medición se tomó en mm por medio del grosor de la planta al ras del suelo.
- **Número de hojas:** se contabilizó el número de hojas en cada planta germinada.

Objetivo General	Objetivos Específicos	VARIABLES	Indicadores
Evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilización con harina de roca en parámetros morfológicos de crecimiento diámetro, altura y número de hojas de <i>M. oleifera</i> en condiciones controladas (invernadero).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinar el efecto de diferentes dosis de harina de roca en el comportamiento del diámetro, altura y número de hojas de <i>Moringa oleifera</i>. ▪ Describir el resultado de los distintos tratamientos de harina de roca en la producción de biomasa aérea y radicular en plántulas de <i>Moringa oleifera</i>. 	Diámetro	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grosor de tallo (mm)
		Altura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Longitud del tallo al ápice (cm)
		No. de hojas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abundancia de hojas
		Biomasa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aérea ▪ Radicular

Tabla 1. Matriz operacional de variables e indicadores

8.6. Fases del estudio

Para llevar a cabo el estudio en la Estación Experimental se procedió a realizar el siguiente proceso metodológico:

Fase 1: Revisión Documental

Esta primera fase consistió en la búsqueda y recopilación de información en diferentes fuentes bibliográficas donde se revisaron documentos científicos, artículos, revistas, libros, entre otros. Para identificar cuáles son las diferentes dosis de harina de roca que se le aplican a los cultivos.

Fase 2: Trabajo de campo

En otros estudios realizados se ha- analizado la efectividad de la harina de roca en árboles frutales, por lo que en ésta investigación se decidió estudiar con un árbol forrajero, debido a que en base a este tema se encuentra muy poca información.

8.6.1. Establecimiento del experimento

Consistió en el reconocimiento del área de estudio. Esta fase contiene la selección del sitio donde se llevó a cabo el ensayo experimental, realizando Bloques Completos al Azar (BCA) y por tanto, se elaboró un diseño para la ubicación de cada uno de los tratamientos obteniendo un orden lógico de cada uno de estos.

Se dispuso de un área total de 2 m de largo por 1 m con 40 cm de ancho, donde se trasladaron plantas de *Moringa oleifera* al invernadero para continuar con la aplicación de la harina de roca y las mediciones de las variables. El traslado se llevó a cabo en el mes de enero del año 2019 con una densidad de 250 plantas en el área.

El estudio se realizó a partir de la tercera semana de edad que tenían las plantas, hasta que el cultivo alcanzó una edad 3 meses, es decir, que el tiempo de muestreo durante el estudio fue de 90 días.

8.6.2. Régimen de riego del cultivo

El ensayo que se planteó fue la evaluación de diferentes dosis de harina de roca en la fase de desarrollo del cultivo de *Moringa oleífera*; para la toma de datos se realizó calendario de aplicación, riego y toma de datos.

Durante la fase experimental se manejó un recipiente de plástico 204 ml/riego, con una frecuencia de 3 días por semana, todo esto tomado envase a la capacidad de campo realizada según Israelson y West (1992), para determinar la cantidad de agua que se le suministró a la planta.

8.6.3. Fase de vivero

La evaluación en la fase de vivero tuvo una duración de 8 meses. Iniciando el 10 de agosto de 2018 hasta el 11 de marzo de 2019.

La fase de vivero inició con la preparación de sustrato. Para el llenado de las bolsas de polietileno de 6*8 cm, el sustrato utilizado estuvo constituido por la combinación de dos componentes (tierra y cascarilla de arroz) con proporciones de 90% de tierra y 10% de cascarilla de arroz, para luego proceder al llenado de bolsas y por consiguiente a la siembra de las semillas.

En este proceso, se procedió a la siembra de una semilla por bolsa para cada uno de los tratamientos. Durante el tiempo de la etapa de vivero se llevó un manejo óptimo, el cual consistió en el riego diario de agua con un volumen de 204 ml así como el control manual de hierbas y plagas.

8.6.4. Germinación de las semillas


Especie	Tipo germinación	Fotografía
Moringa oleifera	Germinacion epigea	

Tabla 2. Tipo de germinación de la especie seleccionada

8.6.4.1. Porcentaje de germinación

El número total de semillas germinadas, se dividió entre el número total de semillas y se multiplica por 100 para obtener el porcentaje de germinación.

% germinación = semillas germinadas x 1300 semillas sembradas.

Día	Germinación de las semillas
1	0
2	0
3	0
4	13
5	23
6	7
7	11
8	20
9	54
10	86
11	98
12	144
13	189
14	248
15	303

Tabla 3. Germinación de las semillas por días

Nuestro porcentaje de germinación en el cultivo de *Moringa oleifera* fue de 92 % con un total de 1196 semillas germinadas de un universo total de 1300 semillas sometidas en condiciones controladas de invernadero.

8.6.4.2. Determinación del desarrollo vegetativo

A los 15 días posteriores a la germinación de las semillas, se trasplantaron en bolsas plásticas de 6x8 cm.

8.6.4.3. Contenían los diferentes sustratos evaluados:

Cascarilla de arroz

Tierra .

8.6.4.4. Muestreo y cuantificación de sobrevivencia

En campo se llevó a cabo un proceso de observación de las plantas procedentes de la fase de vivero, con un total de 250 plantas, donde se realizó un conteo inicial del número de plantas trasplantadas del vivero. Al finalizar el período se realizó el conteo final de plantas vivas para cuantificar el porcentaje de sobrevivencia.

8.6.5. Evaluación del crecimiento

En el área de plantación se determinó la altura de las plantas estas fueron medidas desde la base del tallo hasta el ápice, haciendo uso de una cinta métrica. Los datos se tomaron semanalmente durante el período de evaluación, la unidad de medida utilizada fue en centímetro (cm). Así como la toma de altura en plantación, se determinó también el diámetro de las plantas, este fue medido semanalmente del tallo haciendo uso del vernier durante el período de evaluación, la unidad de medida fue en milímetro (mm).

Las mediciones de altura y diámetro se realizaron durante 5 semanas de evaluación para identificar el comportamiento de las plantas a corto tiempo. En la fase de plantación se determinó mediante observación el estado o condición de la planta durante la evaluación, para esto se elaboró un cuadro en el software de Excel según lo observado en el campo.

8.6.6. Producción y distribución de biomasa aérea y subterránea en *Moringa oleifera*

Para determinar el efecto de producción y distribución de biomasa fresca aérea y subterránea de la especie de *Moringa oleifera*, se seleccionaron veinticinco plantas al azar por cada tratamiento a las que se les retiraron las hojas del tallo por aparte y las raíces para posteriormente tomarles el peso fresco, las cuales fueron colocadas en sobres individuales para etiquetarlas y mantenerlas individualizadas y sometidas a un tratamiento de secado en el horno a temperatura (105°C/24 horas), con el fin de obtener los pesos secos.

Materiales	Equipos
Libreta de campo	Computadora
Lapiceros	Cámara fotográfica
Cinta métrica	Pie de rey
	Dinamómetro

Tabla 4. Materiales y equipos utilizados durante el estudio

IX. DISEÑO METODOLÓGICO

9.1. Diseño experimental

Para realizar este estudio se construyó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), en condiciones controladas (invernadero). Para ello, se dispuso un total de 250 plántulas de *Moringa oleifera* divididas en cinco bloques de 50 con cada uno de los tratamientos. Cada bloque experimental obtuvo todos los tratamientos experimentales a evaluar, asignados aleatoriamente.

Tratamientos experimentales:

- T₁: Fertilización al 25% con harina de roca (25 gramos).
- T₂: Fertilización al 50% con harina de roca (50 gramos).
- T₃: Fertilización al 75% con harina de roca (75 gramos).
- T₄: Fertilización al 100% con harina de roca (100 gramos).
- T₅: Sin fertilización (Control).

PLANO DE CAMPO PARA EL REGISTRO DE DATOS DE DESARROLLO (Altura, Diámetro, Número de hojas) DE <i>Moringa oleifera</i>																																																	
46	45	36	35	26	25	16	15	6	5	46	45	36	35	26	25	16	15	6	5	46	45	36	35	26	25	16	15	6	5	46	45	36	35	26	25	16	15	6	5	46	45	36	35	26	25	16	15	6	5
47	44	37	34	27	24	17	14	7	4	47	44	37	34	27	24	17	14	7	4	47	44	37	34	27	24	17	14	7	4	47	44	37	34	27	24	17	14	7	4	47	44	37	34	27	24	17	14	7	4
48	43	38	33	28	23	18	13	8	3	48	43	38	33	28	23	18	13	8	3	48	43	38	33	28	23	18	13	8	3	48	43	38	33	28	23	18	13	8	3	48	43	38	33	28	23	18	13	8	3
49	42	39	32	29	22	19	12	9	2	49	42	39	32	29	22	19	12	9	2	49	42	39	32	29	22	19	12	9	2	49	42	39	32	29	22	19	12	9	2	49	42	39	32	29	22	19	12	9	2
50	41	40	31	30	21	20	11	10	1	50	41	40	31	30	21	20	11	10	1	50	41	40	31	30	21	20	11	10	1	50	41	40	31	30	21	20	11	10	1	50	41	40	31	30	21	20	11	10	1
0 (g)	50 (g)	100 (g)	25 (g)	75 (g)	0 (g)	50 (g)	100 (g)	25 (g)	75 (g)	0 (g)	50 (g)	100 (g)	25 (g)	75 (g)	0 (g)	50 (g)	100 (g)	25 (g)	75 (g)	0 (g)	50 (g)	100 (g)	25 (g)	75 (g)																									
BLOQUE #2					BLOQUE #5					BLOQUE #4					BLOQUE #1					BLOQUE #3																													

Figura 2. Plano de tratamientos por bloques

9.2. Manejo experimental

- **Preparación del terreno:** se comenzó con la preparación del terreno, que consiste en la ubicación de camas metálicas para luego realizar la siembra.

- **Siembra:** para esta actividad se adquirió de pocas herramientas como barra, pala y nuestras infaltables manos para realizar de acuerdo al distanciamiento establecido.
- **Control de plagas:** Realizamos este control supervisando el área cada 7 días, para controlar la incidencia de plagas.

9.3. Método de muestreo

El muestreo utilizado es no probabilístico intencional, puesto que, todas las observaciones que se realizaron con las plantas de marango, en combinación con harina de roca como fertilizante, son en base a resultados que obtuvimos por los procesos naturales de la planta. Ello, debido a que se estuvo trabajando con una réplica, seguido de las condiciones controladas en el invernadero de la Estación Experimental El Limón.

Como propuesta para desarrollar la harina de roca se enumeraron 250 plantas ubicadas en tres camas metálicas que estaban situadas en el invernadero con 5 bloques aptos para 50 plantas por bloque con diferentes dosis de harina de roca (25%,50%, 75%,100%), el cual se realizó con el cultivo de *Moringa oleifera*, este por ser un cultivo rápido y así, identificar el potencial nutricional que tiene este fertilizante para las plántulas de *Moringa oleifera*.

Se efectuó el peso de cinco bolsas plásticas de 6x8 cm, de las cuales se obtuvieron diferentes pesos en el llenado de éstas, es decir, de tierra con granza, entre los pesos sobresalían:

- Bolsa 1: 7 lbs 4 onz
- Bolsa 2: 6 lbs 6 onz
- Bolsa 3: 6 lbs 8 onz
- Bolsa 4: 6 lbs 11 onz
- Bolsa 5: 6 lbs 15 onz

9.4. Determinación de la Capacidad de Campo (CC)

La capacidad de campo, representa el contenido de humedad del suelo y depende fundamentalmente de la textura, cantidad de materia orgánica y grado de compactación de éste.

En la presente práctica de laboratorio, se determinó utilizar el método de manguera o llamado también método de la columna de suelo para la obtención de la capacidad de campo.

El procedimiento que se empleó fue recolectar en campo una muestra de suelo, la cual se pasó por una malla de tamiz con un haz de luz de 2 mm, utilizando una balanza eléctrica con una precisión de 0.1/0.05 g, marca JADEVER, modelo SNUG III -3000, con una capacidad de 300 g., se obtuvieron tres muestras de 100 g cada uno, en los envases de crisol que se utilizan como instrumentos en los laboratorios, de igual forma, colocamos la cantidad de 100 g de suelo en los tubos para lograr una mayor compactación y de inmediato se le agrega agua a los tubos que contienen el suelo, para luego dejarlo reposar aproximadamente por 24 horas debido a que es un suelo franco, y la hora precisa es cuando ya no desciende la humedad del suelo, sacamos la muestra de suelo húmeda y la introducimos al horno por 24 horas con una temperatura de 105° C, para determinar finalmente el peso seco.

Se utilizó la siguiente fórmula:

Fórmula, según Israelson y West (1992) :

$$CC = P_{S_{cc}} = \frac{M_{sh} - M_{ss}}{M_{ss}} \times 100$$

Donde:

CC = capacidad de campo.

$P_{S_{cc}}$ = peso de suelo a capacidad de campo.

M_{sh} = muestra de humedo.

M_{ss} = muestra de suelo seco.

Calculando:

$$CC = P_{S_{cc}} = \frac{138 \text{ g} - 82 \text{ g}}{82 \text{ g}} \times 100$$

$$CC = P_{S_{cc}} = \frac{56 \text{ g}}{82 \text{ g}} \times 100$$

$$CC = P_{S_{cc}} = 0.68 \times 100$$

$$CC = P_{S_{cc}} = 68 \%$$

Regla de 3: Este resultado reafirma el anterior.

$$100 \text{ g} = 100 \%$$

$$x = 68$$

$$100 x = 6,800$$

$$x = \frac{6,800}{100}$$

$$x = 68 \text{ g.}$$

Tenemos que $1 \text{ g} = 1 \text{ cm}^3 = \text{ml} = \text{CC}$. Por tanto, a cada 100 g de suelo se le aplicarían 68 ml de agua. Cada bolsa contiene en promedio $3,000 \pm 104 \text{ g}$ de suelo y, por lo tanto, se aplicarán 204 cc de agua por bolsa (gestión de riego) con una frecuencia de 2 veces por semana.

$$100 \text{ g} = 68 \text{ cc}$$

$$3,000 = x$$

$$100x = 204,000$$

$$x = \frac{204,000}{100}$$

$$x = 204 \text{ cc.}$$

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se abordan los resultados obtenidos acerca de la efectividad de la harina de roca sobre el crecimiento de *Moringa oleifera*. Lo que permite comparar si las dosis de harina en gramos son más efectivas en el crecimiento, desarrollo y sobrevivencia del marango en comparación al testigo.

La distribución de harina de roca consistió en aplicarla a la parte superior de la planta para identificar el comportamiento que éstas tienen con este método, sabiendo que la forma correcta de aplicación es haciendo un agujero en el sustrato que contiene la bolsa plástica y por ende, ingresar la harina de roca, esto con la finalidad de que la planta la absorba directamente.

10.1. Determinación en el comportamiento de desarrollo en diámetro, altura y número de hojas en función de los tiempos de muestreo

10.1.1. Efecto de la fertilización respecto a la altura

Se encontró un efecto significativo ($p = 0.0001$) en al menos uno de los tratamientos experimentales en función de la altura de la planta (Figura 1). En el tratamiento experimental que no se aplicó harina de roca (control), las plántulas alcanzaron la mayor altura promedio (20 ± 0.5 cm). Sin embargo, el control no presentó diferencias estadísticamente significativas con la aplicación de 25 y 50 g de harina de roca. No obstante, las aplicaciones de 75 y 100 g presentaron un efecto significativo en relación al control.

Según (Bernabé, 2008) expresa que la *Moringa oleifera* es una especie de crecimiento muy rápido, ya que aporta gran cantidad de nutrientes al suelo, además de protegerlo de factores externos como la erosión, la desecación y las altas temperaturas.

Por esta razón, asumimos que la causa de obtener una mayor altura en las plantas de control, es por el crecimiento rápido que presentan de forma natural, en comparación con los tratamientos de 75 y 100 g.

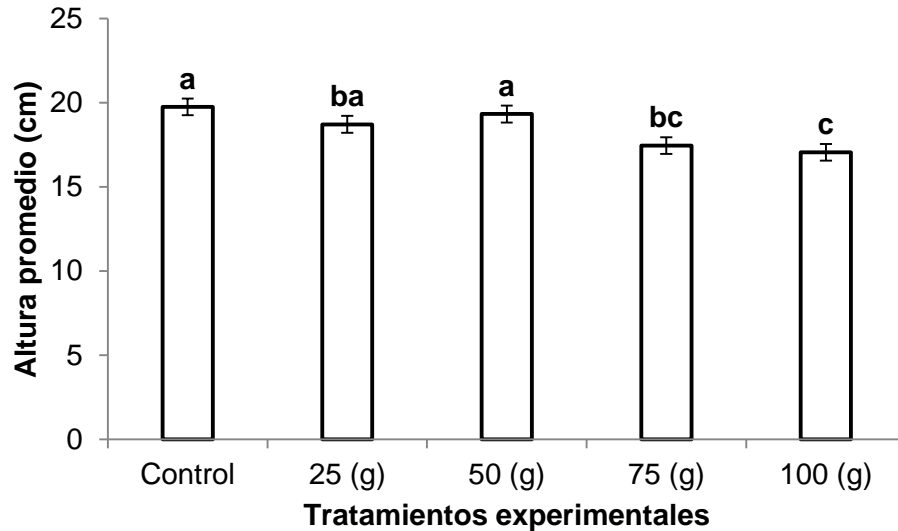


Figura 3. Desarrollo de altura en la planta de *Moringa oleifera*. Las líneas sobre las barras corresponden a los errores estándar.

Existen diferencias significativas en el efecto de fertilización en relación al diámetro, es decir, que el tratamiento que presenta mayor efectividad es el control y el de 25 g.

El diámetro es uno de los parámetros que generalmente se mide de forma directa y es básico para describir la planta. El diámetro está relacionado con la edad, aparte de indicar el crecimiento, también es una variable para calcular el área basal o biomasa como parámetro indicador del potencial producido del forraje, madera, semilla u otro producto (Pérez *et al.*, 2011).

De acuerdo con Toral e Iglesias (2012), las procedencias con buen crecimiento en diámetro basal y altura durante la fase de establecimiento, se caracterizan por tener una alta efectividad en la manera de adaptarse al sitio.

Por esta razón, asumimos que la causa de obtener un mayor diámetro en las plantas de control, 25 g, es por el crecimiento rápido que presentan de forma natural, en comparación con los tratamientos de 50, 75 y 100 g.

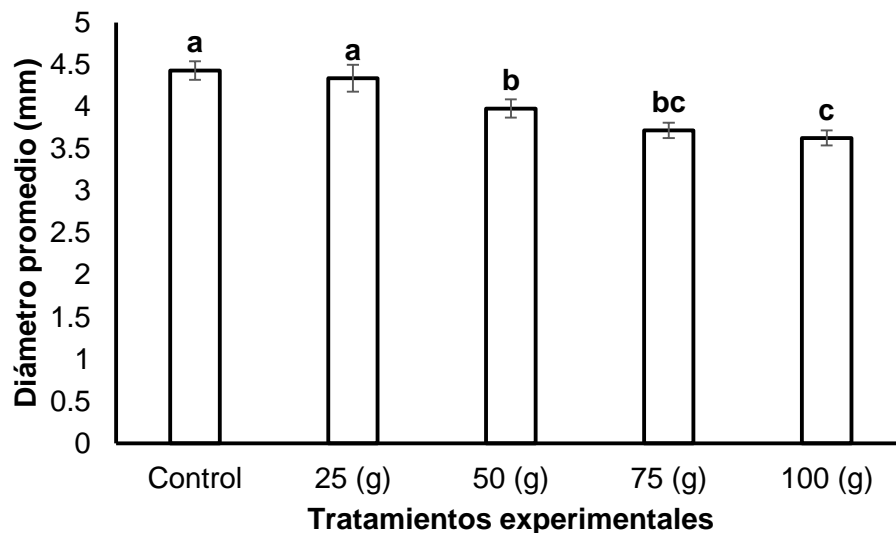


Figura 4. Desarrollo del diámetro en la planta de *Moringa oleifera*, en función de los tiempos de muestreo.

10.1.3. Efecto de la fertilización respecto al número de hojas

No existe diferencia significativa ($p = 0.0848$) en cuanto al efecto de las diferentes dosis de harina de roca en el número de hojas de las plantas de *Moringa oleifera*, encontrando un promedio de 9 hojas por plantas (Tabla 3). Este resultado es similar al encontrado por Medina *et al.*, (2007) quienes indican que *Moringa oleifera* en vivero a las diez semanas de edad tienen un promedio 12 hojas por planta.

Pineda (2004), citado por Medina *et al.*, (2010), plantean que el incremento en el número de hojas describe la necesidad de la planta de disponer de mayor área fotosintetizadora desde su etapa inicial, ya que cada hoja es un órgano especializado cuya función principal es la fotosíntesis, proceso que requiere el suministro constante de agua, energía radiante y bióxido de carbono para obtener las estructuras carbonadas básicas promotoras del desarrollo foliar.

Tratamientos experimentales	N° de hojas	Error estándar
Control	8.95	0.12
25 (g)	8.72	0.13
50 (g)	8.86	0.13
75 (g)	8.61	0.13
100 (g)	8.9	0.37

Tabla 3. Número de hojas de *Moringa oleifera* en sus etapas de crecimiento en vivero

10.2. Determinación el efecto de diferentes dosis de harina de roca en la producción de biomasa aérea y radicular en plántulas de *Moringa oleifera*

10.2.1. Efecto de la diferente dosis de harina en la producción de biomasa aérea y radicular

La biomasa (aérea y radicular), es la cantidad de materia acumulada en un individuo, correlacionada con la supervivencia en campo, con el diámetro del tallo o cuello de la raíz y con el diámetro de la parte aérea y del sistema radical (Vera, 1995)

Los valores que se obtuvieron en los diferentes tipos de dosis de harina en la producción de materia seca de biomasa aérea y radicular, en el experimento destaca en primer método de 25 g con 3.4 g, seguidamente el tratamiento de 75 y 100 g con 30 g, se obtuvo valores de 2.8 g y 2.6 g, en los tratamientos de 50 y control respectivamente.

En cambio, para la biomasa subterránea podemos ver el efecto de las diferentes dosis de harina de roca el tratamiento control consiguió una producción de materia seca de 3.2 g, seguidamente el tratamientos de 100 g, produjeron materia seca de 2.8 g, en cambio los tratamientos de 25 y 50 g, produjeron materia seca de 2.4 g,

por último observamos que se obtuvo valor bajo para el tratamiento de 75 g con una cantidad de 20 g de materia seca.

La producción de materia seca de la parte aérea muestra que los tratamientos evaluados de control y 100 g, obtuvieron un similar comportamiento mostrando diferencia entre la especie a partir del crecimiento final para la variable de materia seca. En estudios realizados por González (2014), nos muestra resultados mayores a los obtenidos en el presente estudio, dicho autor muestra registró un promedio de 5.5 g y 4.5 g respectivamente, mientras que en nuestro estudio los resultados fueron 2.8 g y 3 g respectivamente.

El estudio realizado por (Gonzalez, 2014) nos muestra que se encontraron resultados similares a los obtenidos en este experimento con respecto al marango, registrando 4.5 g.

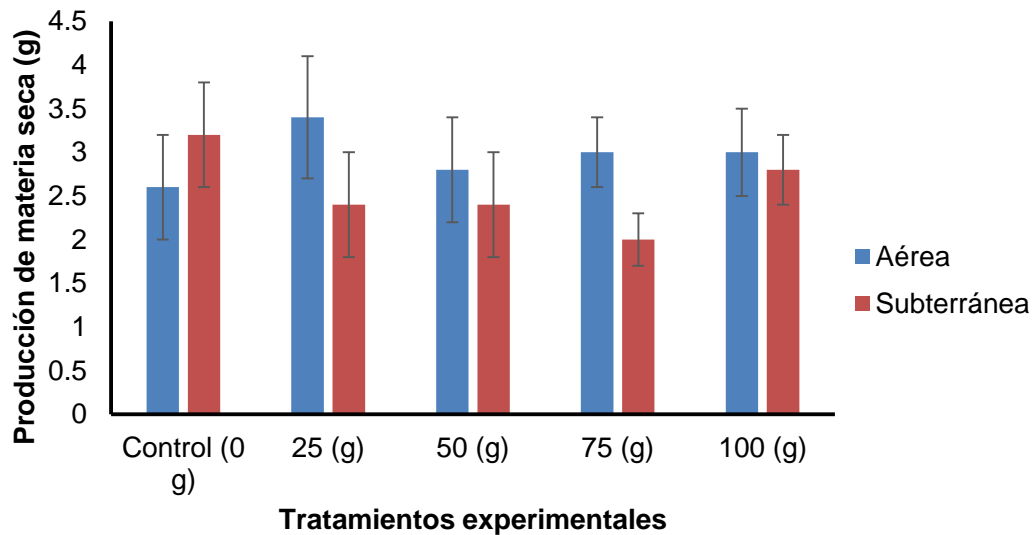


Figura 5. Índice de producción de materia seca en biomasa aérea y radicular en su etapa de muestreo.

XI. CONCLUSIONES

Se encontró que el tratamiento control y 25 g, son los que mejor se ajustaron en el comportamiento de la *Moringa oleifera*, en cuanto a desarrollo en diámetro, es decir, que las plantas tuvieron un mejor comportamiento en el crecimiento de la planta a comparación de los demás tratamientos.

En relación a la altura no se encontraron diferencias significativas, ya que las plantas con 75 y 100 g, se comportaron de manera diferente en los demás tratamientos empleados en la especie de marango, es decir, que todas las plantas tuvieron un comportamiento normal en el crecimiento (altura) con los tratamientos que tenían poca cantidad de harina de roca.

En relación a las variables morfológicas asociadas al desarrollo, como por ejemplo, número de hojas y producción de biomasa, las dos especies tuvieron un cambio a partir de las terceras mediciones, mostrando mayores diferencias entre especies a partir de la cuarta y quinta semana.

En cuanto a la biomasa aérea se encontró diferencias significativas en los tratamientos empleados, siendo estos los tratamientos de 25 y 100 g, mientras el volumen radicular indica que la dosis con mejor comportamiento son el control y el tratamiento de 100 g. Lo que muestra que hay una mejor producción de biomasa aérea y radicular entre los demás tratamientos.

En las zonas de bosque seco tropical la biomasa aérea y radicular disminuye, y la producción agrícola es cada vez más limitada, la especie evaluada (*Moringa oleifera*), presenta un buen desarrollo y adaptación al área de estudio, sin embargo con el fin de conocer características intrínsecas de la especie en el área es necesario profundizar en la fisiología y morfología de la especie esto con el ánimo de hacer más productiva su incorporación en el campo por lo que es esencial tener en cuenta los resultados obtenidos en el ensayo.

XII. RECOMENDACIONES

- A investigadores y estudiantes del área de Ingeniería Ambiental, que realicen más trabajos de investigación sobre el efecto de fertilización con harina de roca en parámetros morfológicos del crecimiento de *Moringa oleifera*.
- Realizar nuevos experimentos incluyendo más especies arbóreas, para observar sus comportamientos, tales como, germinación de semilla, su desarrollo en cantidad de hojas, tallos y raíces.
- Se recomienda realizar este tipo de estudio bajo condiciones de pH de suelos diferentes, ya que, así se obtienen diferentes criterios sobre el comportamiento de las plantas.
- Realizar estudios y evaluaciones más a fondo en lo que a sistemas de fertilización con harina de roca respecta, ya que, en nuestro país hay pocos documentos sobre este tipo de información y su gran mayoría son realizadas en otros países con enfoques basados en la evolución del cultivo mediante la aplicación de otros tipos de fertilizantes.
- Para este tipo de estudio investigativo recomendamos realizar un mínimo de 10 mediciones de altura, diámetro, número de hojas, para identificar datos más precisos y claros en cuanto a parámetros morfológicos de crecimiento.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- Amaya, F, M. J. (24 de Agosto de 2014). *biologiadesuelo..blogspot.com*. Obtenido de <http://biologiadesuelo.blogspot.com/2014/08/caracteristicas-biologicas-del-suelo.html>
- Bernabé, F. y. (2008). *Efectividad de riegos artesanales sobre el crecimiento de Moringa oleifera Lam.*
- Chien, S. (2003). *Uso agronómico de la harina fosfórica para aplicación directa*. Alabama: Special Publications.
- FAO. (2001). *fao.org*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s14.htm#TopOfPage>
- Gonzalez. (2014). *Efectividad de los riegos artesanales en las plantas de Moringa oleifera.*
- INTA - PN, F. C.-L. (2003). *inta.gob.ni*. Obtenido de <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/guia%20sobre%20la%20fertilizacion%20de%20los%20suelos.pdf>
- LOMBEC. (30 de 05 de 2008). Composición y características del humus de lombriz. *Producto Ecológico*.
- Nikolaus Foidl, L. M. (2016). *Utilización del marango (Moringa oleifera)*. Obtenido de *fao.org*: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/foidl16.htm>
- OIT. (2016). <http://training.itcilo.it>. Obtenido de http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/kemi/ciwmain.htm
- Peralta Jarquín, F. A. (2001). *Nuestro Pais*. Estelí: ISNAYA.
- Peralta, T. A. (15 de 10 de 2005). *visita de nicaragua*. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de *visita de nicaragua*: <http://www.visitanicaragua.com/esteli/>
- Plasencia, D. S. (2012). *MANEJO ECOLÓGICO DEL SUELO COMO FUNDAMENTO DE LOS PROCESOS DE TRANSICIÓN HACIA LA AGROECOLOGÍA*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3244/1/Tesis.pdf>
- Rivera, J. (2007). *Manual práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas*. Managua, Nicaragua: SIMAS.

Romero, H. G. (30 de abril de 2015). Suelos degradados y salud en peligro. *El daño en los suelos en el Pacífico y Centro de Nicaragua amenaza la seguridad alimentaria y la salud*, pág. 1.

Vera. (1995). *Efectividad de los riegos artesanales en las plantas de Moringa oleífera*.

XIV. ANEXOS

ACTIVIDADES/ Semanales	Año 2018-2019																																											
	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
1 Preparación del sustrato	■																																											
2 Llenado de bolsas	■	■	■	■																																								
3 Determinación de la CC					■																																							
4 Establecimiento de prueba de germinación					■	■					■	■																																
5 Establecimiento del diseño experimental					■																																							
6 Recolección de datos en campo						■						■																																
7 Siembra de las semillas												■																																
8 Trasplantación de las plántulas a las bolsas																									■																			
9 Elaboración y saneamiento de los tratamientos estadísticos de los datos											■																																	
10 Base de datos																									■	■	■	■	■	■	■	■												
11 Defensa de protocolo								■																																				
12 Mediciones de las variables																											■	■	■	■	■	■												
13 Aplicación de harina de roca																											■																	
14 Riego semanal											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
15 Revisión del informe																																												
16 Pre defensa																																												
17 Defensa final																																												

Anexo 1. Cronograma de actividades

No. de plántula	Tratamiento experimental	No. de mediciones	Bloque	Altura (cm)	Diámetro (mm)
1	Punto inicial	Punto 0	3		
2	Punto inicial	Punto 0	1		
3	Punto inicial	Punto 0	4		
4	Punto inicial	Punto 0	5		
5	Punto inicial	Punto 0	2		
6	75 (g)	1ra_medición	3		
7	25 (g)	1ra_medición	1		
8	100 (g)	1ra_medición	4		
9	50 (g)	1ra_medición	5		
10	Control	1ra_medición	2		
11	75 (g)	2da_medición	3		
12	25 (g)	2da_medición	1		
13	100 (g)	2da_medición	4		
14	50 (g)	2da_medición	5		
15	Control	2da_medición	2		
16	75 (g)	3ra_medición	3		
17	25 (g)	3ra_medición	1		
18	100 (g)	3ra_medición	4		
19	50 (g)	3ra_medición	5		
20	Control	3ra_medición	2		
21	75 (g)	4ta_medición	3		
22	25 (g)	4ta_medición	1		
23	100 (g)	4ta_medición	4		
24	50 (g)	4ta_medición	5		
25	Control	4ta_medición	2		

Tabla 5. Formato de recolección de datos en campo



Anexo 2. Preparación de sustrato



Anexo 3. Llenado de bolsas



Anexo 4. Capacidad de Campo (CC)



Anexo 5. Prueba de germinación



Anexo 6. Trasplantación de las semillas a las bolsas



Anexo 7. Aplicación de harina de roca



Anexo 8. Mediciones de altura y diámetro