

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN HUÁNUCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**COMPORTAMIENTO DEL *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour.  
BAJO CONDICIONES DE FERTILIZACIÓN Y DENSIDADES PARA LA  
READECUACIÓN AGROECOLÓGICA DE SUELOS ALTERADOS EN EL  
DISTRITO DE MONZÓN, 2018.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

**TESISTA:**

**Bach. JOSUE ALCANTARA BARDALES**

**ASESOR:**

**Dr. WALTER PANDURO CALDERÓN**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Dedicó el presente trabajo de esfuerzo, constancia con voluntad, doy gracias a Dios por guiarme en todo momento.

A mi madre, quién con su sabiduría, paciencia y esperanza, ha sabido enseñarme y a ser fuerte para enfrentar obstáculos en el camino de vida.

A mis hermanas Elda, Yeli y Editza por sus constantes apoyo.

A mi hermano Edvin por darme la estabilidad emocional, económica y sentimental para poder llegar hasta este logro.

A todas aquellas personas que de alguna u otra manera contribuyeron a la realización y culminación de otra etapa más de mi vida.

Josue Alcantara Bardales

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más profundo agradecimiento a las personas e instituciones que contribuyeron significativamente al desarrollo de la presente investigación, a los cuales quiero expresar mi gratitud.

A la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco, con su personal docente y administrativo.

A la Facultad Ciencias Agrarias, representada en su Decano Dr. Santos Jacobo Salinas.

Al Dr. Walter Panduro Calderón, por su constante apoyo, preocupación, paciencia y orientaciones en el asesoramiento de la elaboración del presente Informe.

A mis docentes, por la enseñanza impartida durante nuestros años de estudio.

Josue Alcantara Bardales

**COMPORTAMIENTO DEL *Plukenetia volubilis* L. Y *Erythrina fusca* Lour. BAJO CONDICIONES DE FERTILIZACIÓN Y DENSIDADES PARA LA READECUACIÓN AGROECOLÓGICA DE SUELOS ALTERADOS EN EL DISTRITO DE MONZÓN, 2018.**

**RESUMEN**

En la actualidad existen innumerables tecnologías ambientales en la recuperación de suelos contaminados, entre ellas el uso de plantas leguminosas que aportan mejoras físicas, químicas y biológicas. La presente investigación tuvo el propósito de evaluar el comportamiento del *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour. bajo condiciones de fertilización y densidades para la readecuación agroecológica de suelos alterados en el Distrito de Monzón. El método utilizado fue experimental en Diseño de Parcelas Divididas (DPD) en Bloques Completos al Azar 2 densidades (DS1: 1666 y 1111 plantas ha<sup>-1</sup>) x 4 (N1: 0-0-0, N2: 20-30-20, N3: 25-40-20 y N4: 40-60-40) x 3 repeticiones. Los resultados indican que los niveles de fertilización N2, N3 y N4 produjeron efecto significativo en los parámetros de las características vegetativas de *Plukenetia volubilis* L., en cambio los niveles N3 y N4 produjeron efecto significativo sobre el rendimiento; para las características vegetativas de *Erythrina fusca* no se evidencia significación en el número de brotes y altura de planta, excepto en la interacción AB en el número de brotes a los 5 meses; la integración de ambas especies logró la mejora en las propiedades químicas del suelo.

**Palabras clave:** *Plukenetia volubilis* L., *Erythrina fusca* Lour, fertilización, readecuación agroecológica.

**BEHAVIOR OF THE *Plukenetia volubilis* L. AND *Erythrina fusca* Lour. UNDER CONDITIONS OF FERTILIZATION AND DENSITY FOR THE AGRO-ECOLOGICAL READJUSTMENT OF SOILS ALTERED IN THE DISTRICT OF MONZÓN, 2018.**

**ABSTRACT**

At present there are innumerable environmental technologies in the recovery of contaminated soils, including the use of leguminous plants that provide physical, chemical and biological improvements. The present investigation had the purpose of evaluating the behavior of *Plukenetia volubilis* L. and *Erythrina fusca* Lour. under fertilization conditions and densities for agroecological readjustment of altered soils in the Monzón District. The method used was experimental in Design of Split Plots (DPD) in Full Random Blocks 2 densities (DS1: 1666 and 1111 plantas.ha-1) x 4 (N1: 0-0-0, N2: 20-30-20 , N3: 25-40-20 and N4: 40-60-40) x 3 repetitions. The results indicate that fertilization levels N2, N3 and N4 produced a significant effect on the parameters of the vegetative characteristics of *Plukenetia volubilis* L. , while levels N3 and N4 produced a significant effect on yield; for the vegetative characteristics of *Erythrina fusca* no significance is evidenced in the number of shoots and plant height, except in the AB interaction in the number of shoots at 5 months; the integration of both species achieved the improvement in the chemical properties of the soil.

**Keywords:** *Plukenetia volubilis* L., *Erythrina fusca* Lour, fertilization, agro-ecological readjustment.

## INDICE

DEDICATORIA .....	1
AGRADECIMIENTOS.....	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
INDICE .....	5
CAPITULO I.....	7
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPITULO II.....	9
MARCO TEÓRICO .....	9
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
2.1.1. Sacha inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> L.) .....	9
2.1.2. Usos y valores nutritivos .....	18
2.1.3. <i>Erythrina fusca</i> Lour.....	20
2.1.4. Suelos degradados.....	21
2.1.5. Recuperación de suelos .....	25
2.2. ANTECEDENTES.....	30
2.3. HIPÓTESIS.....	31
Hipótesis general .....	31
Hipótesis específicas .....	31
2.4. VARIABLES.....	31
2.4.1. Operacionalización de variables .....	32
CAPITULO III.....	33
MATERIALES Y MÉTODOS .....	33
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	33
Antecedentes del terreno.....	35
3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	35
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS .....	35
3.4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO .....	36
3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	37
3.5.1. Diseño de investigación .....	37
3.5.2. Datos registrados.....	42
3.6. MATERIALES Y EQUIPOS .....	43

Materiales .....	43
Equipos.....	44
3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	44
CAPITULO IV .....	48
RESULTADOS .....	48
4.1. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS DE <i>Plukenetia Volubilis</i> L. ..	49
4.1.1. Altura de planta .....	49
4.1.2. Número de hojas .....	52
4.1.3. Número de brotes .....	55
4.1.4. Longitud de brotes .....	59
4.2. RENDIMIENTO DE <i>Plukenetia volubilis</i> L. ....	62
4.2.1. Frutos por planta.....	62
4.2.2. Peso de frutos por planta.....	64
4.2.3. Peso de almendras por planta .....	67
4.3. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS DE <i>Erythrina fusca</i> Lour. ....	70
4.3.1. Número de brotes por planta. ....	70
4.3.2. Altura de planta .....	72
4.4. CAMBIOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO 75	
CAPITULO V .....	77
DISCUSIÓN.....	77
5.1. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS DE <i>Plukenetia volubilis</i> L. ...	77
5.2. RENDIMIENTO DE <i>Plukenetia volubilis</i> L. ....	77
5.3. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS DE <i>Erythrina fusca</i> Lour. ....	78
5.4. CAMBIOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO 78	
CONCLUSIONES .....	79
RECOMENDACIONES.....	80
LITERATURA CITADA .....	81

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

La modificación de los suelos tanto por factores abióticos y bióticos hizo que se deteriorase el ecosistema como una unidad funcional y dinámica del sistema ambiental, el hombre por su necesidad de sustentabilidad mantuvo el monocultivo ocasionando indirectamente cambios estructurales del suelo, de modo que la dinámica del medio se vio afectada por las modificaciones de sus características físicas y químicas, en tal sentido las actividades agrícolas cultivadas hicieron un proceso de deterioro del ecosistema edáfico; ello ha afectado su capacidad fértil productiva y el potencial de producción de los cultivos, mermando los ingresos económicos de la familia agro rural. Por lo tanto, con el pasar del tiempo el suelo puede alcanzar compactaciones en sus diferentes horizontes, hasta sus capas más subterráneas; si persisten las causas.

La investigación propone un potencial alternativo de consolidar conocimientos mediante la Integración productiva del *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour. para la readecuación agroecológica de suelos alterados en el distrito de Monzón y por ende la producción y la rentabilidad serían favorables para la cadena de la comercialización y el ámbito económico ascenderá a una economía satisfactoria debido a que se encuentran mercados grandes de canalización.

El distrito de Monzón presenta condiciones edafoclimáticas para el cultivo, y su opción de integrarlo a otros sistemas productivos posibilita la mejora de suelos en sus diferentes propiedades y características debido a la incorporación de restos vegetales. Por otro lado, la gran demanda del



mercado internacional hace que este producto sea de gran interés por su alto valor nutritivo y una rentabilidad satisfactoria, ya que los precios fluctúan de acuerdo a la demanda de la producción del sachá inchi.

La investigación generó conocimiento tecnológico expresado en dosis de fertilización y distanciamientos de siembra de comportamiento de *Plukenetia volubilis* L. con otra especie forestal como el *Erythrina fusca* Lour, para la readecuación de ecosistemas edáficos hídricos alterados en el distrito de Monzón, promover un modelo de tecnología que viabilice una producción concordante con el ecosistema, alcanzando los siguientes objetivos específicos: a) Determinar el distanciamiento de siembra y el nivel óptimo de fertilización para obtener mejores características vegetativas de *Plukenetia*, b) Determinar el distanciamiento de siembra y el nivel óptimo de fertilización para rendimientos apropiados de *Plukenetia*, c) Evaluar el efecto de los distanciamientos de siembra y niveles de fertilización en las características vegetativas de *Erythrina fusca* y d) determinar los cambios producidos en las propiedades físicas y químicas del suelo por la integración de *Plukenetia volubilis* y *Erythrina fusca*.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

##### **2.1.1. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)**

Guerrero (2006), menciona que el sachá inchi es una especie propia de la Amazonía peruana, dentro de ella se encuentran culturas étnicas que utilizan la almendra como un sustituto alimenticio, la planta de sachá inchi se encuentra en forma silvestre como integrante de la gran biodiversidad que brinda la Selva. Distribuida en las regiones de Loreto, San Martín, Amazonas, Junín, Ucayali, Madre de Dios y el Cusco, registrándose especies como: *Plukenetia volubilis* L., *P. lorentensis* Ulei, *P. brachybotrya* M. Arg. y últimamente fue identificada la *P. huayllabambana*. Sin embargo también se produce en Brasil, Colombia, Ecuador, Venezuela, etc. (Aranda, 2010).

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA AMAZONÍA PERUANA –IIAP (2009), reporta que es una planta que se cultiva especialmente por su alto contenido de aceite que oscila entre 49 a 54 %, además de poseer hasta un 33 % de proteínas. La proteína presenta un importante contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales; rico en vitamina A y E; contiene 562 calorías y su índice de yodo es alto llegando hasta 192. De todas las fuentes naturales conocidas, el aceite de sachá inchi tiene el mayor contenido en Omega 3.

Asimismo menciona la comparación de los aceites de otras semillas de oleaginosas utilizadas en el mundo, para consumo humano, el sachá inchi es el más rico en ácidos grasos insaturados, llega hasta 93.68%. Es el de mayor contenido de polinsaturados, en promedio está compuesto de: 48.6% de ácido graso esencial alfa linolénico Omega 3; 36,80% de ácido graso esencial linoléico Omega 6 y 8,28 % de ácido oleico Omega 9. Tiene el más bajo contenido de ácidos grasos saturados, 6.39% en promedio, 3.85% de palmítico y 2,54% de esteárico.

El Sachá inchi es un cultivo con un gran potencial, por lo que se buscan nuevas estrategias de comercialización y un mejor posicionamiento de cara a clientes potenciales. En la actualidad los productos de Sachá inchi se pueden conseguir en establecimientos naturistas (60%), supermercados (25%). La forma de consumo se reduce a productos tostados (similar al cacahuete), aceite, snacks, cápsulas, etc. Además, hay un creciente interés en su consumo como torta proteica, dado que se puede utilizar en una amplia variedad de productos y presentaciones (Tito Huamaní y Bautista Flores, 2009).

Luna (2008), señala que el “sachá inchi” es una planta de amplia distribución en la amazonia peruana, de antiguo y actual uso alimentario por la población rural nativa y mestiza. Siembras experimentales y observaciones de campo, señalan su potencial como plantación agroindustrial y alimentaría. Por su corto período de crecimiento y desarrollo e inicio de cosecha en suelos ácidos con pendientes pronunciadas y erosionadas, constituye una alternativa económica y auto sostenido.

Indica además que la selva alta presenta una flora heterogénea; se constituye en una zona de tránsito migratorio de plantas andinas y del llano amazónico. Ante la extensa deforestación y el riesgo de pérdida de especies herbáceas y arbóreas aún no registradas por conservacionistas e investigadores que realizan esfuerzos conjuntos en el rescate, valoración y potenciación de plantas silvestres, que pueden constituir alternativas

adecuadas para el rápido desarrollo agroindustrial, así como fuente de alimento proteico, para la población rural.

#### **2.1.1.1. Clasificación taxonómica**

Según Mostacero *et al.*, (2002), el Sacha inchi se clasifica de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
Subreino	: Fanerogamas
División	: Angiospermae
Clase	: Dicotyledoneae
Subclase	: Archichlamydeae
Orden	: Geraniales
Familia	: Euphorbiaceae
Género	: Plukenetia
Especie	: <i>Plukenetia volubilis</i> L.

La especie *Plukenetia volubilis* Linneo, es conocida de acuerdo al idioma o lugar en que se desarrolla, con los siguientes nombres: Sacha inchi, Sacha inchic, Sacha maní, Maní del monte, Maní del inca, Supua (Bolivia), Sacha yuchi, Amui-o, Sacha yuchiqui, Sampannankii, Suwaa e Inca peanut. En la Selva se la encuentra en estado silvestre (Manco, 2003).

Granados (2009), Indica que el Sacha Inchi, es una Euphorbiacea. Y actualmente se han inventariado más de 50 ecotipos, que corresponden a grupos étnicos de las culturas de la Amazonía.

#### **2.1.1.2. Características botánicas**

##### **Planta**

Es una planta trepadora, voluble, semileñosa con hábito de crecimiento indeterminado (Manco 2003; Tasso *et al.*, 2013); el eje principal alcanza la altura del soporte o tutor (1,8 m) y se extiende hasta más de 10 metros de largo, es de consistencia semileñosa, perenne (Sánchez *et al.*, 2004; Palacios, 2008).

## **Hojas**

Son alternas de forma acorazonada de 10 a 12 cm de largo y de 8 a 10 cm de ancho, elípticos, aserrados y con pecíolos de 2 a 6 cm de largo. Las nervaduras nacen en la base de la nervadura central orientándose al ápice (Sánchez *et al.*, 2004; Palacios, 2008).

## **Flores**

Es una inflorescencia de tipo hermafroditas, las flores masculinas son pequeñas, redondas, blanquecinas y dispuestas en racimo. La flor femenina generalmente es una sola y está ubicada en la base de racimo (Sánchez *et al.*, 2004; Palacios, 2008).

## **Frutos**

Es una cápsula de 3,5 a 4,5 cm de diámetro, con 4 lóbulos aristados, dentro de los cuales se encuentran 4 semillas, algunos ecotipos presentan cápsulas con 5 a 7 lóbulos (Sánchez *et al.*, 2004; Palacios, 2008).

## **Semilla**

En la mayoría de los ecotipos es ovalada, de color marrón oscuro, ligeramente abultada en el centro y aplastadas hacia el borde. Según los ecotipos el diámetro fluctúa entre 1,3 y 2,1 cm (Sánchez *et al.*, 2004; Palacios, 2008).

### **2.1.1.3. Requerimientos climáticos**

#### **Clima**

Luna (2008), describe que de acuerdo a su distribución se comporta muy bien en una diversidad de condiciones climáticas que caracterizan a la Amazonía peruana. Presenta buen crecimiento y desarrollo en diversas temperaturas, pero la temperatura óptima para su crecimiento, oscila con un mínimo 10 °C y un máximo de 36 °C. Si las temperaturas son superiores por una fracción de tiempo prolongado puede generar caída de flores y frutos pequeños, principalmente aquellos recién formados (Calram, 2007). De modo que a una temperatura media de 26 °C, se observan plantas de “sacha

inchi” libres de enfermedades (Arévalo, 1999). La duración del período de siembra e inicio de cosecha es más corta, cuando más alta es la temperatura, al inicio de la etapa de crecimiento; por lo tanto, promueve un desarrollo rápido de la planta, lo que implica un mayor desarrollo foliar, radicular y un corto período vegetativo.

Arévalo (1999), menciona que la humedad relativa no debe ser tan alta, pues las condiciones de humedad con precipitaciones fuertes, favorece el desarrollo de enfermedades fungosas, una humedad relativa óptima debe ser de 78 por ciento (Granados, 2009). Una alta humedad relativa con fuertes precipitaciones pluviales condiciona un desarrollo vigoroso de la planta, aunque puede resultar propicio para la proliferación de enfermedades.

La luz es otro factor ecológico importante en esta especie; mientras más luz reciba la planta, mayor es la población de brotes, flores y frutos; si la intensidad de luz es baja, la planta va a requerir mayor número de días para completar sus fases de crecimiento y desarrollo (Tasso *et al.*, 2013). A bajas intensidades de luz la planta necesita mayor número de días para completar su ciclo vegetativo. Se observa que existe una mayor fructificación cuando la planta se encuentra en plena exposición de los rayos solares (Granados, 2009). Con el sistema de tutores vivos con *Erythrina* sp, regulando la sombra con podas, el sachá inchi tiene un buen comportamiento.

Es una planta que se desarrolla bajo regímenes de precipitaciones desde 1 000 a 1 250 mm/ año. Requiere disponibilidad de agua para tener un crecimiento sostenido, siendo mejor con lluvias distribuidas uniformemente durante todo el año (Granados, 2009).

### **Altitud**

Los reportes de colectas realizadas en diferentes lugares de la Amazonía Peruana, indican que el Sachá Inchi crece desde los 39 msnm en

selva baja, hasta los 2110 msnm en la selva alta (Granados, 2009). Sacha Inchi se adapta desde los 100 a 2 000 msnm; registrándose así mismo las mejores semillas (> 12mm) en plantaciones establecidas desde los 600 msnm. el rango óptimo para que obtenga buenos rendimientos es de los 100 msnm. hasta 1 500 msnm (Manco, 2005).

### **Agua**

Requiere disponibilidad permanente de agua; crece mejor cuando las lluvias se distribuyen en forma uniforme durante los doce meses del año, sin embargo, los excesos de agua incrementan los daños producidos por plagas y enfermedades (IIAP, 2009).

### **Suelo**

Tiene amplia adaptación a diferentes tipos de suelo, pero se deben elegir los suelos que posibiliten su mejor desarrollo y productividad. Para que la planta no se vea afectada por el suelo, es ideal que este suelo tenga una textura franco-arcillosa a franco y con un pH que oscile en un rango de 5,5 a 7,5. La ventaja de esta planta en cuanto al pH de los suelos es que tolera suelos ácidos y su crecimiento y desarrollo se ve reflejado en suelos de 5,5 a 6,5. Si los pH son muy alcalinos puede presentar susceptibilidad a este tipo de suelos. Además, el contenido de materia orgánica debe ser de medio a alto, la pedregosidad de media a baja y lo ideal es que en cuanto a fertilidad del suelo sea de media a alta (Andrade y Calderón, 2009).

Se adapta muy bien a suelos francos, pero en suelos arcillosos, se debe tener mucho cuidado en el manejo del riego, ya que, por la propia característica de la textura, tienden a retener mayor cantidad de humedad generando asfixia radical en el cultivo (Granados, 2009).

No requiere labranza mecanizada del suelo, solamente un mínimo de labores manuales en la siembra y deshierbe; lo cual favorece cuando los suelos presentan problemas de erosión (IIAP, 2009).

De acuerdo a su distribución el sachá inchi, tiene un amplio margen de adaptación a diferentes tipos de suelos. Es una planta agronómicamente rústica de poca exigencia nutricional, crece en suelos ácidos y con alta concentración de aluminio. Prospera en “shapumbales” (*Pteridium aquilinum*) secos y húmedos y en “Cashucshales” (*Imperata brasiliensis*) (Luna, 2008).

#### 2.1.1.4. Fenología del sachá inchi

Manco (2007), sostiene que el estudio de la fenología del sachá inchi se basa en los siguientes indicadores:

- a) **Crecimiento vegetativo:** La planta, es trepadora, de abundantes hojas y ramas, puede alcanzar la altura de la planta soporte (1,80 m), no es recomendable que tenga una altura mayor de 2 m. para facilitar la cosecha.
  
- b) **Fructificación:** la floración se inicia aproximadamente a los 90 días, luego de realizado el trasplante, apareciendo los primordios florales masculinos e inmediatamente después, los femeninos. En un período de 7 a 19 días, las flores masculinas y femeninas completan su diferenciación floral, existe una fase de “estado lechoso”, donde se vuelve muy apetecible a los insectos chupadores. A continuación, se inicia la formación de los frutos, completando su desarrollo 4 meses después del iniciado la floración. Luego se inicia la maduración de los frutos, cuando estos se tornan de color verde negruzco inicialmente, quedando de color marrón oscuro o negro cenizo; indicador que está listo para la cosecha.

El proceso de maduración del fruto dura aproximadamente 15 a 20 días, iniciando la cosecha a los 7,5 meses después de la siembra y/o trasplante, con una producción continua.



### 2.1.1.5. Manejo agronómico

Luna (2008), menciona algunos aspectos del manejo agronómico del sachá inchi:

#### **Preparación del terreno y siembra**

Para la preparación del terreno debe tenerse en cuenta la topografía y en lo posible en áreas de bosque secundario o purmas, en el cual la vegetación se corta en la parte baja y luego se distribuye uniformemente en el campo para formar una capa de cobertura, esto ayuda a controlar la proliferación de malezas, reduce la erosión y sirve de fuente de nutrientes para las plantas. La siembra del sachá inchi en la región San Martín está condicionado al régimen de lluvias, se puede iniciar entre diciembre a marzo. Si se utiliza almácigos se puede realizar entre noviembre a febrero.

#### **Obtención de plantones**

Se realiza por semilla botánica y por estacas (asexual o vegetativa). En forma directa se colocan 2 semillas/hoyo, posteriormente se ralea dejando una planta. Las plántulas con 2 hojas verdaderas se repican a bolsas de 10 x 20 cm las mismas que permanecerán por un mes aproximadamente para luego ser llevado a campo definitivo antes que comience a guiar el ápice terminal.

El trasplante se hace en hoyos de 30 cm x 30 cm x 30 cm es factible realizar el transplante a raíz desnuda las plántulas se entierran a 10 cm dejando el cuello a 3 cm debajo de la superficie del suelo.

**a) Sistemas de tutoraje:** Se emplean dos sistemas: tutores vivos y tutores muertos o espalderas. Entre los tutores vivos, el más adecuado es la “amasisa” (*Erythrina* sp.) por ser de rápido crecimiento, es recomendable usar ramas maduras de 1,5 m de largo y 5 ó 10 cm de grosor, y deben enterrarse a 30 cm de profundidad y al distanciamiento utilizado por el “sachá inchi”.

Los tutores muertos o espalderas son apropiados para suelos planos, permiten buen manejo, las ramas se acomodan a los alambres templados entre los tutores. Requiere la utilización de postes de 3,00 m a 3,50 m de longitud las cuales son enterrados de 60 cm a 70 cm de profundidad, en hileras y en forma vertical, colocando también en los extremos otros postes llamados templadores (fijos al suelo con alambre galvanizado N° 10), posteriormente se realiza el templado de dos hileras de alambre a 1,20 cm y 80 cm del suelo y finalmente se realiza la siembra del “sacha inchi”.

- b) Drenaje:** Requiere terrenos con drenaje apropiado, debido a la necesidad de una conveniente aireación de las raíces, para una adecuada actividad fisiológica y una estabilidad del cultivo por varios años de vida productiva.
- c) Control de malezas:** Particularmente las gramíneas compiten con las plantas, especialmente en la fase de crecimiento, el control puede ser químico, manual o cultural.
- d) Poda:** La poda es una práctica muy importante en el “sacha inchi”, se realiza para formar la planta e incrementar la producción y facilitar la cosecha, mejorando de esta manera la distribución de la luz, la aireación, permitiendo la distribución de los frutos en lugares accesibles para la cosecha.
- e) Plagas y enfermedades:** Entre las plagas que se han detectado se encuentran las larvas comedoras de hojas, insectos chupadores de fruto, hormigas y grillos topo (*Grillotalpa* sp.).  
Se han observado ataques tempranos de “Nematodo del nudo” (*Meloidogyne* sp.), en suelos ácidos, alcalinos, francos arenosos.
- f) Cosecha:** La cosecha tiene lugar generalmente cuando los frutos o cápsulas se tornan de un color marrón oscuro o negro cenizo. Se realiza recolectando las cápsulas con la mano, pues estas se desprenden fácilmente.

- g) Rendimiento:** Según Manco (2006), indica que el rendimiento es de 0,7 – 2,0 t/ha.
- h) Pos cosecha:** Según Manco (2006) refiere que al secado y trilla. El secado se realiza de manera natural y la trilla consiste en el descascarado de los frutos y alrededor del 52-55% es semilla seca y el 48 – 45% es cáscara y al almacenamiento en sacos de yute (50 a 70 Kg) y en ambientes secos (Manco, 2006).

#### **2.1.1.6. Distanciamiento de siembra**

Luna (2008), recomienda que el distanciamiento óptimo de siembra es de tres metros entre plantas y tres metros entre hileras (1111 plantas/ha). También puede sembrarse en tres bolillos a 3 m X 2,5 m (1333 plantas/ha). Los tutores se entierran de 20 cm a 30 cm durante el crecimiento del tutor, es conveniente favorecer la formación de ramas laterales, para el efecto se eliminan las ramas bajas hasta aproximadamente 1,5 m del extremo superior.

Manco (2007), menciona que el distanciamiento óptimo de siembra es de 3 m entre plantas y 3 m entre hileras (1111 plantas/ha), cuando se utiliza tutores vivos (*Erythrina* sp), Puede utilizarse un distanciamiento de 3 m x 2,5 m en un diseño tresbolillo, el distanciamiento del tutor es el mismo que el del "sacha inchi". En el sistema de tutoraje en espalderas, el distanciamiento 3 m x 3 m puede reducirse a 2,5 m entre hileras y 2 m entre plantas, un distanciamiento de 10 m x 10 m se utiliza cuando se siembra en monte raleado. Así mismo, la ubicación del "sacha inchi" con respecto al tutor debe ser a una distancia de 20 cm .

#### **2.1.2. Usos y valores nutritivos**

Es de suma importancia el consumo de aceite omega 3 en la salud y alimentación debido a que previene y mantiene la salud, controla y reduce el colesterol, fundamental en la formación del tejido ocular, esencial en la

formación de la estructura de las membranas celulares, más de la mitad del cerebro contiene omega 3, favorecen el incremento y la agilización de las diferentes funciones cerebrales que se encuentran estrechamente ligadas a la memoria, la inteligencia y el razonamiento. Transporta los nutrientes en el torrente sanguíneo, favorece el mejor funcionamiento del sistema digestivo y fortifica los huesos y el sistema óseo en general, contribuye a mantener el equilibrio del metabolismo, potencia las funciones motoras del cuerpo y favorece los regímenes alimenticios para bajar de peso (Sihuayro, 2013).

Los pobladores mestizos de la Amazonia Peruana, principalmente rurales, emplean esta planta en su alimentación, elaborando una serie de platos típicos de la región como: inchicapi, lechona api, pururuca, cutacho, inchicucho, mazamorras, mantequilla, tamal, chicha, saladitos, turrón, entre otros (Anaya, 2003).

Las características nutritivas de la semilla de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) se caracteriza principalmente por su alto contenido de proteína ya que este nivel oscila entre 25 y 27%, siendo los aminoácidos esenciales más representativos la isoleucina (50 mg/g), leucina (79 mg/g), lisina (72 mg/g), tirosina (58 mg/g), treonina (57 mg/g), valina (62 mg/g), metionina más cisteína (57 mg/g) y fenilalanina más tirosina (67 mg/g) (Gutiérrez *et al.*, 2011; Sathé *et al.*, 2002). La calidad del aceite se debe a su alto nivel ácidos grasos insaturados ya que puede llegar hasta el 93,6% entre los cuales el promedio de estos ácidos grasos se divide en alfa linoleico (omega 3) con un 48,60%, el linoleico (omega 6) con un 36,80% y el oleico (omega 9), 8,28% (Ayala, 2016).

El aceite de Sachá inchi es una fuente rica en tocoferoles (Follegatti-Romero *et al.*, 2009), y el  $\gamma$ -tocoferol representa más del 50% de todo el contenido de tocoferoles (Fanali *et al.*, 2011). Los tocoferoles ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$ -tocoferol) actúan como antioxidantes por su capacidad para secuestrar los radicales peroxilo de moléculas de lípidos insaturados, impidiendo la

propagación de la peroxidación de lípidos, principalmente en los ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) (Morales *et al.*, 2012).

### 2.1.3. *Erythrina fusca* Lour.

Según Jiménez *et al.*, (2004) señalaron que el *Erythrina fusca* es una especie de árbol perteneciente a la familia Fabaceae. Se le conoce con el nombre común de elequeme, purple coraltree, gallito, bois immortelle, bucayo y pízamo y también como bucaro, oropel, cerco vivo y eritrina. *E. fusca* tiene la mayor distribución de las especies de *Erythrina*; se encuentra en el Viejo Mundo y el Nuevo Mundo. Crece en la costa y a lo largo de los ríos en los trópicos de Asia, Oceanía, las Islas Mascareñas, Madagascar, África, y los Neotrópicos.

#### Clasificación taxonómica

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Fabales
Familia	: Fabaceae
Subfamilia	: Faboideae
Tribu	: Phaseoleae
Género	: <i>Erythrina</i>
Especie	: <i>Erythrina fusca</i> Lour.

#### Características botánicas

La panta de *Erythrina fusca* Lour es árbol de 15 m aproximadamente, corteza amarillenta, hojas compuestas de envés color crema. Flores anaranjadas agrupadas. Frutos en legumbre amarillenta de 20 cm, con varias semillas. El tronco presenta agujones cónicos, además no pierde sus hojas (Jiménez *et al.*, 2004).

### **Requerimiento climático**

Es de rápido crecimiento, exige bastante luz y soporta suelos arcillosos de drenaje deficiente. Se puede encontrar en riveras y también se planta a lo largo de ellas (Bartholomäus *et al.*, 1990).

### **Propagación**

La *Erythrina fusca* Lour, se propaga por semilla y estaca (Jiménez *et al.*, 2004). La semilla germina a las dos semanas de sembrada, el prendimiento de las estacas ocurre a los 12 días de sembradas (Acero, 1985).

### **Usos**

La *Erythrina fusca* es una especie útil como cerca viva, para cortinas naturales rompe vientos, como sombrío de café y como protector de aguas. La madera, bastante liviana, es útil para cajonería (Acero, 1985). Es una planta fijadora de nitrógeno y por lo tanto sirve para recuperación de suelos. La bebida del cocimiento de sus flores es sedativa. (Bartholomäus *et al.*, 1990).

#### **2.1.4. Suelos degradados**

Douglas (1994), define que la degradación de la tierra como “la reducción en la capacidad de ésta para producir beneficios considerando un uso particular y bajo una específica forma de manejo”. Tal definición incluye no solo los factores biofísicos de la capacidad de uso de la tierra, sino también consideraciones socioeconómicas; destaca una serie de componentes interrelacionados de la degradación de la tierra. En sus efectos sobre la producción agrícola, señala como los más importantes los siguientes:

Degradación del suelo: concepto más ampliamente discutido en puntos sub- siguientes en esta parte del documento, es presentada como la disminución en la capacidad productiva del suelo resultado de cambios adversos en sus propiedades hidrológicas, biológicas, químicas y físicas.

Degradación de la vegetación: declive en la cantidad y/o calidad de la biomasa natural y disminución en la cobertura vegetal del terreno.

Degradación del agua: descenso en la cantidad y/o calidad de los recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos.

Deterioro del clima: cambios en las condiciones micro y macro climáticas que incrementan el riesgo de fracaso de los cultivos.

Pérdida de tierras para la producción agrícola por el desarrollo urbano/ industrial: se refiere a la merma del total de superficie bajo uso o con potencial de uso agrícola, como resultado de la conversión de tierras arables a toda una gama de usos de tipo urbano o industrial.

Aun cuando el enfoque central de este documento está puesto en la degradación del suelo, el mismo no debe ser considerado de manera aislada de los otros componentes pues como ya ha sido planteado estos interactúan, de manera que la degradación de uno de ellos puede generar un impacto adverso sobre los otros afectando el conjunto, o lo que es lo mismo, expresándose como degradación de la tierra.

Kimpe y Warkentin (1998), plantearon que la degradación de la tierra es una disminución en el funcionamiento óptimo de los suelos en los ecosistemas. Bajo condiciones de contaminación severa del ambiente, la conjugación en la biósfera de varios procesos, incluyendo las funciones del suelo, es disturbada y los ciclos biogeoquímicos naturales de muchos elementos son transformados. Esto lleva a una alteración de la adaptabilidad humana debido al cierre de cadenas tróficas biogeoquímicas (por ejemplo, como consecuencia de la contaminación de alimentos por pesticidas y metales pesados). Ante el cambio de sistemas naturales/seminaturales a sistemas manejados por el hombre el balance entre las funciones de los componentes de estos sistemas, puede modificarse de manera extensiva. Estos desbalances a gran escala, resultan en degradación de la tierra.

### **2.1.4.1. Causas de la degradación de suelos**

#### **a) Impacto de ocupación**

Su evaluación o predicción es directa a través de la medición de la superficie afectada o a ser ocupada por un proyecto. Para la valoración puede usarse como indicador la medición de la superficie ocupada ponderada con la calidad de la tierra, expresada ésta en términos de clases agrológicas.

En cuanto a medidas correctoras, considerando que no es posible regenerar si no se desplaza la actividad perturbadora, en la mayoría de los casos este tipo de impacto es irreversible. En razón de lo cual si se trata de la predicción de impactos previo a la ejecución de proyectos, se recomienda la aplicación de metodologías disponibles como el sistema Land Evaluation and Site Assessment, LESA (Wright *et al.*, 1983) que permite, de una manera objetiva, proteger los suelos de mejor calidad, de la pérdida perenne que implica su sellado por la construcción de obras de infraestructura lo cual reduce la multifuncionalidad del suelo a solo un uso, de manera prácticamente irreversible.

La condición de pérdida irreversible que se señala con relación al impacto de ocupación admite la excepción de las prácticas extractivas que caracterizan la industria minera donde la acción correctora se apoya en la retirada previa y almacenamiento del suelo superficial sobre el cual se desarrolla la vegetación.

#### **b) Impacto por contaminación**

La evaluación o previsión del impacto por la contaminación se dificulta, si se considera la medición de la concentración de los contaminantes que se aportan ya que muchos de ellos llegan al suelo de manera indirecta, a través del agua o del aire. Inclusive la contaminación puede llegar a zonas alejadas de su sitio de origen por medio de variados mecanismos tal como ha sido discutido en los puntos antecedentes. La técnica más segura de evaluación es la experimental y la de escenarios comparados (DGMA, 1984).



Las medidas correctoras del impacto de contaminación varían según se dirijan a la fuente o al efecto. (DGMA, 1984). Por supuesto las prácticas dirigidas a los efectos en el suelo deben ir precedidas de acciones que contrarresten la fuente de contaminación. Algunos comentarios se han hecho en los puntos precedentes en este capítulo acerca de las medidas correctoras que se aplican en las fuentes generadoras de la contaminación sean estas asociadas a la industria, la agricultura, los residuos urbanos y de centros poblados, etc.

Las medidas correctoras dirigidas a los efectos, aparte de ser costosas y poco eficaces, son de difícil justificación desde el punto de vista económico, más no si se considera un enfoque teniendo en cuenta los beneficios sociales. (DGMA, 1984).

Algunos ejemplos de técnicas correctoras de este tipo son las siguientes:

La biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. (Adams y Rodríguez, 1997; Soto *et al.*, 1997; Torres, 1997).

El tratamiento de suelos ácidos mediante programas de encalado. (Kamprath, 1984; Sumner, 1998).

La limpieza y rehabilitación de suelos contaminados por sustancias tóxicas. (Comis, 1996; Deelen *et al.*, 1997).

El lavado de suelos afectados por exceso de sales mediante la aplicación de riego en exceso. (Pla y Dappo, 1975; Shainberg y Oster, 1978).

### **c) Impacto por sobreexplotación**

Cualquiera sea el proceso de degradación generado por la sobreexplotación, la predicción se orienta hacia la evaluación o estimación de la pérdida de la calidad y/o productividad del suelo, lo cual, a fin de cuentas, afecta la clasificación agrológica de la tierra.

Tomando como referencia la evaluación del impacto a través de la erosión que se desencadena en el suelo como consecuencia de la sobreexplotación o inadecuado uso del mismo, existen actualmente varios

modelos matemáticos de distintos tipos (empíricos, causales) que permiten predecir los daños que el proceso de degradación pudiera causar al suelo en términos de pérdida de su espesor o profundidad efectiva. Tal es el caso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo "USLE" (Wischmeier y Smith, 1965) y otros modelos como el Erosion Productivity Impact Calculator, EPIC (Williams *et al.*, 1983) y el Índice de Productividad del Suelo, IP (Neill, 1979) permiten establecer relaciones y hacer predicciones de los efectos de la erosión sobre la productividad del suelo.

### **2.1.5. Recuperación de suelos**

En la actualidad se dispone de un amplio abanico de tecnologías de recuperación de suelos contaminados, algunas de aplicación habitual y otras todavía en fase experimental, diseñadas para aislar o destruir las sustancias contaminantes alterando su estructura química mediante procesos generalmente químicos, térmicos o biológicos.

Su aplicación depende de las características del suelo y del contaminante, de la eficacia esperada con cada tratamiento, de su viabilidad económica y del tiempo estimado para su desarrollo (Reddy *et al.*, 1999). Según la forma en la que se apliquen las técnicas de recuperación de suelos se habla de tratamientos *in situ*, que actúan sobre los contaminantes en el lugar en el que se localizan, y tratamientos *ex situ*, que requieren la excavación previa del suelo para su posterior tratamiento, ya sea en el mismo lugar (tratamiento *on-site*) o en instalaciones externas que requieren el transporte del suelo contaminado (tratamiento *off-site*). Los tratamientos *in situ* requieren menos manejo, pero por lo general son más lentos y más difíciles de llevar a la práctica dada la dificultad de poner en contacto íntimo a los agentes de descontaminación con toda la masa de suelo contaminada. Los tratamientos *ex situ* suelen ser más costosos, pero también más rápidos, consiguiendo normalmente una recuperación más completa de la zona afectada.

En función de los objetivos que se quieren alcanzar a la hora de recuperar un suelo contaminado (Kaifer *et al.*, 2004), se puede distinguir entre:

Técnicas de contención, que aíslan el contaminante en el suelo sin actuar sobre él, generalmente mediante la aplicación de barreras físicas en el suelo.

Técnicas de confinamiento, que reducen la movilidad de los contaminantes en el suelo para evitar su migración actuando directamente sobre las condiciones físicoquímicas bajo las que se encuentran los contaminantes.

Técnicas de descontaminación, dirigidas a disminuir la concentración de los contaminantes en el suelo.

#### **2.1.5.1. Leguminosas arbóreas o arbustivas en la recuperación de suelos**

Además de las cantidades que puede aportar la biomasa arbórea, hay que considerar otras fuentes de ingreso como la fijación simbiótica del nitrógeno, que en las leguminosas arbóreas puede alcanzar hasta 300 kg de N/ha/año. (Dart, 1994), y el mayor reciclaje de nutrientes debido al efecto de los árboles en la actividad biológica del suelo (Hernández, 1998).

Las leguminosas tienen también la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias del grupo de los rizobios. (Allen y Allen, 1981). El nitrógeno (N) es un componente de muchas biomoléculas y esencial para el crecimiento y desarrollo de todos los organismos. En los vegetales es responsable de muchas reacciones y parte de la estructura de la clorofila, enzimas y proteínas. Siendo esencial, su balance afecta a la formación de raíces, la fotosíntesis, la producción y tasa de crecimiento de las hojas y raíces. Por ser fijadoras de nitrógeno, las leguminosas son importantes desde el punto de vista ecológico, porque disminuyen o eliminan el uso de fertilizantes químicos. De las aproximadamente 19000 especies de leguminosas no se tiene aún información de la mayoría de ellas sobre su

capacidad de nodular, es decir para establecer simbiosis con bacterias fijadoras de N. (Goi, 2014).

Actualmente, el manejo de la Integración del *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour. para la readecuación agroecológica de suelos modificados en Monzón es bastante deficiente, la gran mayoría de las familias agro rurales desconocen la forma apropiada de efectuar prácticas de manejo como la poda, por lo tanto, esta práctica se realiza de forma incorrecta e irregular, entre otros. En consecuencia, el mantenimiento de la fertilidad del suelo y la integración del *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour. en suelos modificados, depende principalmente del reciclaje de biomasa y nutrientes que brinde el sistema agroforestal.

En tal sentido, el reciclaje de las materias orgánicas y nutrientes forjado a partir de conocimientos de manejo, son la importante fuente de fertilización y una manera eficientemente de almacenar la materia orgánica en suelos modificados. Estas estructuras orgánicas son fáciles de degradarse por la actividad microbiana del suelo.

Por lo tanto, la incorporación constante de restos vegetales en los sistemas de la Integración del *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour. en suelos modificados en Monzón podría mejorar la productividad del suelo y la diversidad biológica.

Los cambios en los usos o las coberturas del suelo son la manifestación más evidente de las relaciones entre sociedad y espacio geográfico, representan la materialización de políticas de desarrollo y se consideran una de las principales fuerzas conductoras del cambio global (Lambin 1997, citado por Braimoh 2006).

La degradación ambiental, abordada entre otros por Blaikie y Brookfield en su obra *Land degradation and society* (Blaikie; Brookfield, 1987), expresa el deterioro del medio ambiente y de los recursos que utiliza el hombre en su significado más amplio, ecológico y socioeconómico. Es decir, no sólo se produce la alteración o la ruptura de las relaciones ecológicas, sino también una reducción de los recursos naturales y del propio patrimonio cultural, que

afecta directamente a la capacidad de abastecimiento alimentario en el nivel más básico de las necesidades humanas y a la pérdida de oportunidades económicas futuras en general. Se trata de un concepto más amplio que el de desertificación defendido por Naciones Unidas en la Conferencia de Nairobi de 1977, y que podemos aplicar a cualquier región en proceso de cambio.

#### **2.1.5.2. Degradación y la necesidad de restauración ecológica**

En la actualidad, la fuerte expansión de la frontera agrícola que se produjo en los últimos 60 años por el monocultivo de la hoja de coca incrementó y apresuró los procesos de modificación de las características física, química, biológica e hidrológica de los suelos en el distrito de Monzón.

Por lo tanto, es muy necesario la Integración del *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour. en suelos modificados debido a que genera una agroecología.

La respuesta de un suelo a los procesos de erosión es compleja y está influenciada por propiedades del suelo tales como la textura, la estabilidad de agregados, el contenido de materia orgánica, los constituyentes químicos, la cobertura vegetal, etc. Algunas de esas propiedades pueden ser alteradas por las prácticas de manejo y/o los sistemas de producción, cuyos resultados están fuertemente condicionados por factores climáticos y edáficos. Consecuentemente, la susceptibilidad a la erosión de un suelo determinado puede cambiar en el tiempo (Lal y Elliott, 1994).

UICN, PNUMA y WWF (1991), reportan que los sistemas degradados son los ecosistemas cuya diversidad, productividad y habitabilidad se ha reducido considerablemente. Indican además que los ecosistemas terrestres degradados se caracterizan por la pérdida de vegetación del suelo y los ecosistemas acuáticos se caracterizan a menudo por sus aguas contaminadas que pocas especies son capaces de tolerar.

Específicamente las tierras degradadas son aquellas cuya productividad y diversidad se ha reducido de tal modo que es poco probable que recuperen su estado original a menos que se apliquen medidas de

rehabilitación especiales (UICN, PNUMA y WWF, 1991). Este es el caso de grandes extensiones de tierra en la región Centro América donde incluso, los procesos de sucesión secundaria son poco exitosos, ya que el fenómeno de deterioro antropogénico es relativamente reciente y los mecanismos evolutivos que permitirían la adaptación de ciertas especies a tales condiciones, aún no han operado (Finegan, 1993).

Por otro lado, se indica que la degradación de bosques se refiere a la reducción de la productividad y/o diversidad debido a la utilización insostenible de madera (cuando la sustracción es mayor que la sustitución o se modifica la composición de las especies), los incendios (salvo el caso de sistemas forestales que dependen de los incendios para su establecimiento), las plagas y enfermedades, la remoción de nutrientes, la contaminación y el cambio del clima (UICN, PNUMA y WWF 1991).

#### **2.1.5.3. Restauración de suelos degradados y conservación de agua**

En América Central un alto porcentaje de las tierras en pasturas (> 35 %) se encuentra en estados avanzados de degradación, debido a ello los árboles de uso múltiple pueden jugar un rol importante en la restauración ecológica de estas, mientras contribuyen con la sostenibilidad económica de los sistemas de producción ganadera (Szott *et al.*, 1999).

Hun (2008), manifiesta que un alto porcentaje de las tierras en pasturas se encuentra en estados avanzados de degradación, mientras contribuyen con la sostenibilidad económica de los sistemas de producción ganadera, tratando de buscar eficiencia en la absorción de fósforo dentro de suelos ácidos, compactados y lixiviados, la restauración de su fertilidad y de sus propiedades físicas a través de procesos simbióticos entre bacterias u hongos fijadores de nitrógeno, hongos micorrízicos y las especies leñosas y no leñosas presentes en sistemas silvopastoriles.

## 2.2. ANTECEDENTES

Rojas *et al.*, (1996), en rendimiento de cinco genotipos promisorios en Ucayali concluye que el rendimiento del sacha inchi varía desde 2 467 kg/ha en el ecotipo cumbaza a los 1 060 Kg/ha en el ecotipo Muyuy. Además, hace mención de 1272,8 semillas/Kilogramo y 81,25 gr/cien semillas en promedio.

Santillan (2018), en Producción y rentabilidad del cultivo de sacha inchi en la región Piura concluyen, que el cultivo se adapta y produce bajo las condiciones agroclimáticas de Piura asegurando una producción continua durante todo el año, se demuestra que, el incremento de la demanda internacional y la escasa oferta, permite asegurar mercado seguro a las exportaciones de productos y sub productos derivados de este cultivo.

Luna (2008), en comparativo de 3 densidades de siembra en sacha inchi concluyen que la densidad de siembra de 1666 plantas por hectárea supera estadísticamente a los demás tratamientos en estudio para las variables: número y peso de frutos y rendimiento de semillas por hectárea, logrando 240 509 frutos, 1682 kg ha<sup>-1</sup> y 989,31 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Asimismo, el peso de 100 semillas (102,96 g) alcanzado con la densidad de 1111 plantas por hectárea supera estadísticamente a los demás tratamientos.

Ayala (2016), en Análisis de crecimiento y producción de 3 variedades de sacha inchi en el municipio de tena Cundinamarca”, en el último muestreo realizado se encontraron IC de 26%, 27% y 29% para INCA 1, NUKAK 3 y CATIO 2 respectivamente. Se resalta que entre los 127 DDT y los 187 DDT, la variedad NUKAK 3 presentó a nivel fisiológico mayor aumento del IC, lo que se traduce en mayor ganancia de materia seca coincidiendo con los mayores valores de respuesta en cada una de las tasas de crecimiento.

Pérez (2011), en efecto del cultivo sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la gestión de la calidad del suelo, frente a los ecotipos estudiados, muestra que el ecotipo S:13 resultó ser superior con 1,27 t ha<sup>-1</sup> frente al ecotipo S:7 con 0,29 t ha<sup>-1</sup>. Es así que, la rentabilidad obtenida en base a

costos directos e indirectos y el valor de producción, el ecotipo S:13, con densidad de siembra de 952 plantas ha<sup>-1</sup> resultó ser más beneficioso con 426,11% de índice de rentabilidad y relación beneficio/costo de 5,26%; mientras que el ecotipo S:7, con una densidad de siembra de 952 plantas ha<sup>-1</sup> ocupó el último lugar ofreciendo 19,72% de índice de rentabilidad y relación beneficio/costo de 1,20%. Sin embargo, la calidad del suelo, no estuvieron influenciados por los ecotipos y densidades de siembra, debido al poco tiempo del experimento, lo que no sucedió con la respuesta obtenida para la respiración microbiana y el porcentaje de bases cambiables a una densidad de 952 plantas ha<sup>-1</sup>.

### 2.3. HIPÓTESIS

#### Hipótesis general

El policultivo del *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* permite la readecuación agroecológicamente a los suelos alterados en el distrito de Monzón.

#### Hipótesis específicas

- a) La asociación en mayor distanciamiento de ambas especies mejora las propiedades químicas del suelo.
- b) El uso de *Erythrina fusca* Lour establece una mayor longevidad del cultivo.
- c) La interacción de un menor distanciamiento con la mayor dosis de fertilización influye en el rendimiento del *Plukenetia volubilis*.

### 2.4. VARIABLES

#### Variables dependientes:

- a) Readecuación de suelos
- b) Comportamiento de *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour.

#### Variables Independientes:

- a) Fertilización.
- b) Distanciamiento de siembra.



### 2.4.1. Operacionalización de variables

**Cuadro 01.** Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Independiente</b> Fertilización y distanciamiento de siembra	Fertilización  Distanciamientos de siembra	D0 = 0 – 0 – 0 D1 = 20 – 30 – 20 D2 = 25 – 40 – 20 D3 = 40 – 60 – 40  DS: 3.0 x DG: 3.0 DS: 3.0 x DG: 2.0
<b>Dependiente</b> Readequación de los suelos  Comportamiento de <i>Plukenetia</i> y <i>Erythrina</i>	Propiedades físicas y químicas  Rendimiento de <i>Plukenetia</i> y <i>Erythrina</i>	Arena, arcilla, limo, pH, M.O, N, P, K, Ca, Mg, Al, H, CICE, Bases cambiables, Ácidos cambiables, Saturación de Aluminio.  Frutos por planta. Tamaño de fruto. Peso de frutos, por planta Parcela y hectárea.

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

Se ejecutó en el caserío de Huancarrumi, sector Tunqui, ubicado a 5 km de la capital del distrito de Monzón, en la región Huánuco.

#### **Posición geográfica**

Latitud sur	: 9°17'01"
Longitud oeste	: 76°21'14"
Altitud	: 1130 msnm

#### **Ubicación política**

Distrito	: Monzón
Provincia	: Huamalíes
Departamento	: Huánuco

El área tiene una pendiente del 25%, dentro de una configuración de montañas elevadas característico del distrito de Monzón. Además, presenta abundante vegetación de macorilla (*Pteridium* sp.) y rabo de zorro (*Andropogon bicornis*) y otras gramíneas arbustivas configurando extensas áreas alteradas. El suelo presenta un pH de reacción ácida del 3,8 y una clase textural de predominancia arcillosa gravosa.

Según la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) del MINAM, reporta que la zona de estudio corresponde la zona de vida de bosque muy

húmedo Premontano Tropical (bmh-PT), con humedad relativa promedio anual del 85%, precipitación pluvial anual promedio de 450 mm y una temperatura media anual de 25 °C. De acuerdo a la frecuencia, existen dos períodos, las épocas húmedas y lluviosas (octubre a marzo) y épocas secas (mayo a setiembre). Humedad relativa promedio anual del 45% y la T° promedio anual 20,40 °C.

**Cuadro 02.** Análisis físico químico del suelo antes de la instalación del experimento (marzo 2018).

<b>Parámetros</b>	<b>Resultados</b>
Arena (%)	46,0
Arcilla (%)	19,0
Limo (%)	35,0
Clase textural	Franco
pH	5.13
Materia orgánica (%)	1,24
Nitrógeno (%)	0.06
Fósforo (ppm)	4,96
Potasio (ppm)	65,97
Ca ++ (meq/100 g. suelo)	2,51
Mg ++ (meq/100 g. suelo)	0,70
Al +++(meq/100 g. suelo)	1,26
H+ (meq/100 g. suelo)	0,53
CICe (meq/100 g. suelo)	5,00
Bases cambiables (%)	64,20
Ácidos cambiables (%)	35,80
Saturación de Al (%)	25,20

Los resultados reportan que los suelos presentan una clase textural de Franco, con pH fuertemente ácido (5,13), bajo contenido de materia orgánica (1,24) nivel bajo de nitrógeno total (0,06), baja disponibilidad de fósforo (4,96 ppm) y potasio (65,97), alto porcentaje de acidez

intercambiable lo cual constituye un problema para el desarrollo de muchos cultivos.

### **Antecedentes del terreno**

Los antecedentes del terreno se indican a continuación:

1980: Cultivos anuales: yuca, plátano, frijol.

1990: Cultivos perennes: Hoja de coca.

2014: Purma baja especies gramíneas 90%.

2017: Purma baja especies gramíneas 90% y reforestación no exitosa con *Inga* sp.

## **3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

### **Tipo de investigación**

Es aplicada, porque generó conocimiento tecnológico expresado en dosis de fertilización y distanciamientos de siembra que ayude a la recuperación de suelos alterados en el distrito de Monzón a través de un comportamiento de *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour.

### **Nivel de investigación**

Es experimental, porque se manipuló las variables distanciamiento de siembra y fertilización y se midió sus efectos en el comportamiento de *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour y en la readecuación de suelos alterados y se comparó con un testigo (sin fertilización y distanciamientos locales).

## **3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS**

### **Población**

Constituida por 96 plantas de *P. volubilis* L. / Experimento integrada a tutores vivos de *E. fusca* Lour.

### **Muestra**

Constituida por una planta de *P. volubilis* L. El tipo de muestreo fue probabilístico en la forma de Muestreo Aleatorio Simple (MAS), porque todas

las unidades experimentales tuvieron las mismas probabilidades de ser elegidas.

#### **Unidad de análisis**

Conformada por la parcela experimental, siendo un total de 24 parcelas.

### **3.4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO**

Para definir los tratamientos en estudio, inicialmente se identificaron los componentes en estudio, que corresponden a los siguientes factores:

#### **Factor A:** Distanciamientos de siembra

- a<sub>1</sub> = 3.0 m x 2.0 m, una planta por golpe (1666 plantas/ha)
- a<sub>2</sub> = 3.0 m x 3.0 m, una planta por golpe (1111 plantas/ha)

#### **Factor B:** Niveles de fertilización NPK

- b<sub>1</sub> = 0 (NPK kg/ha)
- b<sub>2</sub> = 20 – 30 – 20 (NPK kg/ha)
- b<sub>3</sub> = 25 – 40 – 20 (NPK kg/ha)
- b<sub>4</sub> = 40 – 60 – 40 (NPK kg/ha)

Los niveles de fertilización propuestos se ajustaron en referencia a un protocolo de investigación del IIAP (2015), sobre un estudio absorción y concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en sachá inchi (*P. volubilis* L.) en suelos ácidos en la región San Martín, Perú.

**Cuadro 03.** Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamiento	Clave de tratamientos	FACTORES EN ESTUDIO			
		Distanciamiento de siembra (m)	Fertilización (kg/ha)		
			N	P205	K20
T1	a1b1	Testigo	0	0	0
T2	a1b2	3.0 x 2.0	20	30	20
T3	a1b3	3.0 x 2.0	25	40	20
T4	a1b4	3.0 x 2.0	40	60	40
T5	a2b1	Testigo	0	0	0
T6	a2b2	3.0 x 3.0	20	30	20
T7	a2b3	3.0 x 3.0	25	40	20
T8	a2b4	3.0 x 3.0	40	60	40

### 3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

#### 3.5.1. Diseño de investigación

Es experimental, en su forma de Parcelas divididas en Bloques Completo al azar, de 6 x 4 haciendo un total de 24 unidades experimentales, siendo, presentando el siguiente modelo.

##### a) Modelo Aditivo Lineal

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \rho_j + \gamma_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1,2; j = 1,2,3,4; k = 1,2,3,4$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = es el valor o rendimiento observado con el i-ésimo nivel del factor A, j-ésima repetición, y k-ésimo nivel del factor B.

$\mu$  = es el efecto de la media general.

$\alpha_i$  = es el efecto del i-ésimo nivel del factor A.

$\rho_j$  = es el efecto del j-ésimo bloque

$\gamma_{ij}$  = es el efecto del error experimental en parcelas (Error (a))

$\beta_k$  = es el efecto del k-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ik}$  = es el efecto de la interacción en el i-ésimo nivel del factor A, y k-ésimo nivel del factor B.

$\mathcal{E}_{ijk}$  = es el efecto del error experimental en subparcelas (Error (b))

### b) Esquema del análisis de varianza

Para la prueba de hipótesis se utilizó el ANVA (prueba de Fisher) al 5% de margen de error. Para la comparación de medias se realizó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error.

Fuentes de Variación (FV)	Grados de Libertad (gl)	CME
Bloques	$(b-1) = 2$	$\sigma_e^2 + r\theta_a^2$
A	$(p-1) = 1$	$\sigma_e^2 + b\sigma_d^2 + r\theta_a^2$
Error (a)	$(b-1)(p-1) = 2$	$\sigma_e^2 + b\sigma_d^2$
B	$(q-1) = 3$	$\sigma_e^2 + r\theta_b^2$
AB	$(p-1)(q-1) = 3$	$\sigma_e^2 + r\theta_{ab}^2$
Error experimental (B)	$p(q-1)(b-1) = 12$	$\sigma_e^2$
<b>TOTAL</b>	<b>pqb-1 = 23</b>	

### Descripción del campo experimental

#### a) Características del campo experimental

Ancho	: 27 m.
Largo	: 17 m.
Área experimental	: 30 m <sup>2</sup>
Área total de camino	: 36 m <sup>2</sup>
Área total experimental	: 3024 m <sup>2</sup>

#### b) Característica de bloques.

Nº de bloques	: 3
Largo	: 27 m.

Ancho	: 5 m.
Nº de trat. / bloq.	: 4
Área total de bloque	: 135 m <sup>2</sup> .

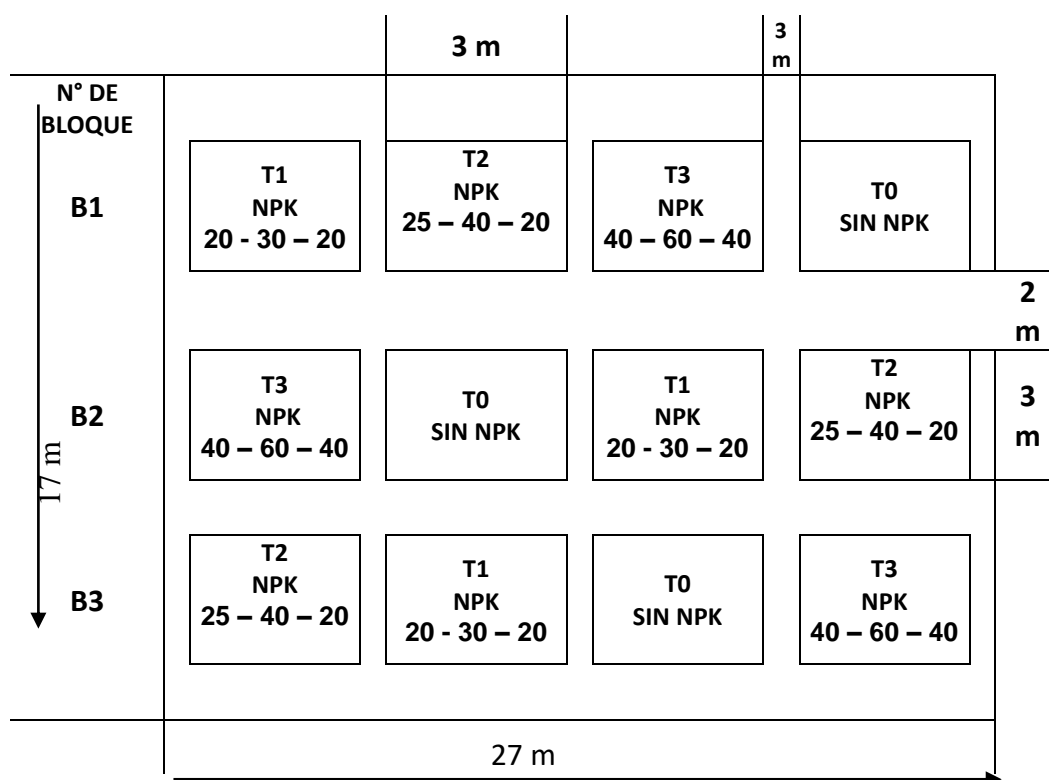
**c) Características de parcelas.**

Nº de bloque/ parcela	: 3
Largo	: 27 m.
Ancho	: 17 m.
Área de unid. / Exp.	: 459 m <sup>2</sup> .
Nº de plantas / parcela	: 48

**d) Características de surcos.**

Nº de surcos / parcela	: 5
Nº de planta / golpe	: 1
Nº de plantas / surco	: 8
Distancia entre surcos	: 2 m.
Distancia entre plantas	: 3 m.





**Figura 01.** Disposición experimental en parcelas divididas distanciamientos 3 x 2 m .

### Descripción del campo experimental 3 x 3 m (Parcela Nº 2)

#### a) Características del campo experimental

Ancho	: 21 m.
Largo	: 27 m.
Área experimental	: 567 m <sup>2</sup>
Área total de camino	: 261 m <sup>2</sup>
Área total experimental	: 306 m <sup>2</sup>

#### b) Característica de bloques.

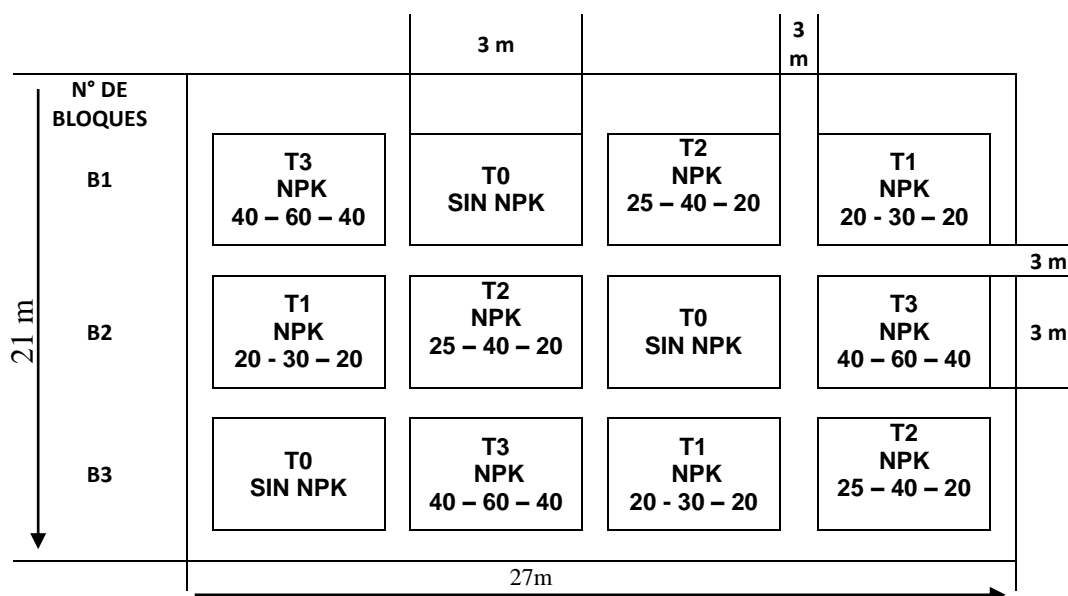
Nº de bloques	: 3
Largo	: 27 m.
Ancho	: 6 m.
Nº de trat. / bloq.	: 4
Área total de bloque	: 108 m <sup>2</sup> .

**c) Características de parcelas.**

Nº de bloque / parcela	: 3
Largo	: 27 m.
Ancho	: 21 m.
Área de unid. / Exp.	: 567 m <sup>2</sup> .
Nº de plantas / parcela	: 20

**d) Características de surcos.**

Nº de surcos / parcela	: 6
Nº de planta / golpe	: 1
Nº de plantas / surco	: 8
Distancia entre surcos	: 3 m
Distancia entre plantas	: 3 m



**Figura 02.** Disposición experimental en parcelas divididas con distanciamientos de siembra de 3 x 3 m

### **3.5.2. Datos registrados**

#### **3.5.2.1. Características vegetativas de *Plukenetia volubilis* L.**

##### **Altura de la planta**

Se realizó a los 2 y 4 meses después de instalado el cultivo, de modo que se requirió hacer uso de una regla y wincha graduada en cm midiendo desde el cuello de la planta hasta el ápice de la planta.

##### **Número de hojas**

Se realizó el conteo del número de hojas verdaderas, exceptuando las hojas cotiledonales. El registro de los datos se efectuó a los 2 y 4 meses de instalado el cultivo.

##### **Número de brotes**

Se registró contabilizando los brotes de la planta a los 3 y 5 meses de instalado el experimento.

##### **Longitud de brotes**

Los brotes evaluados se midieron desde la inserción del brote al tallo hasta el ápice de la misma, con la ayuda de una regla se registrará el valor por brote a los 3 y 5 meses después de instalado el cultivo.

#### **3.5.2.2. Rendimiento de *Plukenetia volubilis* L.**

##### **Frutos por planta**

Para ello se cosecharon los frutos de *Plukenetia volubilis* L. y se contabilizaron los frutos por cada planta.

##### **Peso de frutos por planta**

Una vez terminada la actividad anterior, se pesaron todos los frutos contabilizados en una balanza y se expresó el resultado en kilogramos por planta.

### **Peso de almendras por planta**

Pesados los frutos, se procedió a extraer las almendras de manera manual, con mucho cuidado, sin deteriorar la almendra, y extraídas se pesaron en una balanza para expresar el resultado en kilogramos por planta.

### **3.5.2.3. Características vegetativas de *Erythrina fusca* Lour**

#### **Tamaño de brotes**

Se realizó cuando las plantas de *Erythrina* tuvo 3 meses, efectuándose una segunda evaluación a los 5 meses. Consistió en medir al azar un brote desde la base hasta el ápice con una regla.

#### **Altura de planta**

Consistió en medir la altura de la planta desde el cuello hasta el ápice de la planta con la ayuda de una regla, a los 3 y 5 meses de edad.

### **3.5.2.4. Cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo**

Se determinó al realizar un análisis de fertilidad del suelo antes de iniciar el estudio y después de culminar las evaluaciones, de las diferencias entre los parámetros físicos y químicos se determinó la variación porcentual.

## **3.6. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **Materiales**

Semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) 50 g

96 estacas de 2,5 m de largo y 0.10 m de diámetro de *Erythrina fusca* Lour.

Alambre galvanizado (calibre N° 14). Total 450 m.

4 kg de urea, 4 kg de SPTCa y 4 kg de Kcl.

1 tablero.

Libreta de campo.

Machete

Wincha  
Poceadora  
Tijera de podar

### **Equipos**

GPS (Garmin Map 78 sc)  
Balanza analítica  
Cámara fotográfica de 12 mega pixeles  
Pie de virrey o vernier digital.

## **3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Preparación del terreno definitivo**

El terreno estuvo ocupado por malezas de gramíneas (*Andropogon* sp), para el desmalezamiento se hizo uso de picos, machetes y azadones.

### **Delimitación del ensayo**

El trazado del área de campo se concibió de acuerdo al arreglo al croquis experimental diseñado, de tal manera se hizo uso de una wincha (50 m), estacas (50 cm) y cordel (100 m).

### **Remoción del hoyado**

Se realizó con la ayuda de la poceadora que nos permitió sacar una capa de las dimensiones de 25 x 25 x 30 cm (largo, ancho y profundidad), de tal manera para facilitar el desarrollo radicular de la planta.

### **Instalación y manejo de tutores vivos *Erythrina fusca* Lour**

Para ello se utilizó la especie de *E. fusca* Lour de 2,30 m de acuerdo a los distanciamientos previstos, se procedió a trasplantar la planta, enterrando a 50 cm bajo tierra para la consistencia del tutor, de modo que se instaló por parcela 48 postes en 6 filas, distribuidos en 3 bloques y 4 tratamientos cada uno, 16 postes por tratamiento, y a 50 cm de los postes se

hizo el trasplante de las plántulas de *P. volubilis* L. por ende el manejo de la *E. fusca* Lour. se efectuó con la ayuda de una tijera de podar con la finalidad de cortar los brotes de la especie y así también poder manejar el templado del alambre galvanizado calibre N° 14 en forma de tijeretas a las *E. fusca* Lour. para ello solo se consideraron manejar 3 brotes, con el fin de evitar hacer uso del clavo en los postes de las *E. fusca* Lour.

### **Templado de alambre en los tutores vivos**

Se efectuó el templado de tres filas de alambre galvanizado (calibre N° 14) en un espaciamiento de 60 cm para cada hilera entre los postes de *Erythrina fusca* Lour. con la finalidad para facilitar el guiado de las plántulas de sachá inchi.

### **Obtención de semilla de *Plukenetia***

Las semillas fueron adquiridas de los frutos procedentes de 20 plantas madres respectivamente seleccionadas que fueron traídas de la región de San Martín y aclimatadas en 2 generaciones en el valle de Monzón. Para la obtención de las semillas, se colectaron unos 250 frutos, de tal manera que se seleccionaron las semillas con las características más adecuadas (tamaño y color).

### **Tratamiento de la semilla**

Para eliminar cualquier agente fitopatógeno adherido a las semillas, ésta se mezcló suavemente con Homai a una dosis de 3 g/100 g de semilla de *P. volubilis* L. bajo tratamiento de slurry y/o pasta acuosa para luego ser sembradas de forma directa en los embolsados. Previamente se remojó con agua bajo sombra durante 12 horas.

### **Preparación de sustrato y embolsado**

La proporción fue fraccionado en 3 : 2 : 1 (suelo agrícola, arena, materia orgánica). Como M.O. se utilizó compostaje descompuesto, luego se realizó una mezcla homogénea y llenó en bolsas de polietileno de dimensiones 12" x 8" x 0,02" los embolsados fueron establecidas momentáneamente bajo un tinglado de 3 x 2 m (largo y ancho respectivamente) y a una altura de 2 m.

### **Trasplante**

Se efectuó el trasplante a 38 días después de la siembra de la semilla, para ello las plantas se trasladaron al campo experimental y se introdujeron al suelo unos 5 cm de la planta, luego se afirmó la planta con tierra.

### **Guiado**

Consistió en sujetando con rafia la parte apical de las plántulas con las hileras de los alambres galvanizados.

### **Riegos**

La conducción del cultivo se ejecutó a inicios de periodo de estiaje la cual se encontró en periodos muy críticos de sequía, a pesar que se ubica en una zona tropical, en vista a ello se utilizó lluvia solida que es un polímero biodegradable en polvo no tóxico (gel hidratante 1,44 y 2,16 kg/planta en 3 x 2 m y 3 x 3 m respectivamente) de modo que establecía húmedo al cultivo de *P. volubilis* L.

### **Fertilización**

Se incorporó NPK: a una dosis de (N4 =40-60-40; N3 =25-40-20; N2 =20-30-20). En cuanto al N se fraccionó para dos oportunidades la primera aplicación a 3 DDT y la segunda aplicación a 90 DDT. A excepción del P y K solo se aplicaron todo en la primera instancia.

### **Control de malezas**

El control de las malezas en los ensayos se realizó cada trimestre, entre ellos rabo de zorro (*Andropogon* sp), macorilla (*Pteridium* sp.) y coquito (*Cyperus esculentum*), entre otros, el primer deshierbo fue realizado con la ayuda de un azadón y los otros 3 restantes con machete, debido a que la raíz es superficial y así evitar el daño al sistema radicular de la planta.

### **Manejo de tutores vivos *Erythrina Fusca* Lour.**

Se realizó el corte de los brotes considerando tan solo tres brotes por tutores a un distanciamiento de 60 cm y así poder manejar en forma de tijeretas y así evitar el clavado en los postes.

### **Control de agentes fitopatógenos**

Para contrarrestar el ataque de agentes fitopatógenos tanto en el ámbito del período vegetativo como reproductivo se utilizó fungicidas como Extracto de canela (Biocinn) a una concentración de 30% a razón de 2 cc/20 litros de H<sub>2</sub>O y *Bacillus thuringiensis* (Biospore) a razón de 33 g/20 litros de H<sub>2</sub>O. En el espacio del periodo vegetativo del cultivo se mostró la embestida de los insectos defoliadores de hojas como ello *Diabrotica* sp, *Grillotalpa* sp. y hormigas del género *Acromyrmex*.

### **Cosecha**

A raíces experimentales se recolectaron los frutos dehiscentes secos (color marrón oscuro) de una planta/cada tratamiento, de manera manual con la finalidad de efectuar las evaluaciones.



## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

Los resultados son expresados en el análisis de los promedios, los cuales se presentan en cuadros y figuras interpretados estadísticamente mediante la técnica del Análisis de Varianza (ANVA) o Prueba de F al 5% de margen de error a fin de establecer las diferencias significativas entre bloques, factor A, factor B e interacción AB, donde los parámetros que no son significativo, es decir son iguales, se denotan con ns, quienes tienen significación al 5% con asterisco (\*).

Para la comparación de los promedios, se aplicó la Prueba Rangos Múltiples de DUNCAN al nivel del 5% de margen de error, donde aquellas medias que muestran la misma letra indican que son iguales en sus promedios y los que expresan letras diferentes representan diferencia entre los promedios de los tratamientos.

#### 4.1. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS DE *Plukenetia Volubilis* L.

##### 4.1.1. Altura de planta

En el Cuadro 04 se observa el análisis de varianza para altura de plantas, donde para bloques y el factor A e interacción AB no expresan diferencias, solo en el factor B denotan significación estadística al nivel del 0,05 de probabilidad de error, es decir los niveles de fertilización influyen en la altura de plantas. El coeficiente de variabilidad denota confiabilidad (17,02 y 9,57%), y el  $r^2$  indica el ajuste de los datos al modelo aditivo lineal del diseño (0,88 y 0,65).

**Cuadro 04.** Análisis de varianza para altura de planta a los 2 y 4 meses.

Fuente de Variabilidad	gl	2 MESES		4 MESES		Sig. ( $\alpha=0.05$ )
		CM	Fc	CM	Fc	
Bloques	2	93,67	6,19 <sup>ns</sup>	1217,71	2,09 <sup>ns</sup>	19,00
A	1	533,36	8,30 <sup>ns</sup>	118,97	0,38 <sup>ns</sup>	18,51
Error (a)	2	15,13		317,10		
B	3	1452,51	22,61*	3318,96	5,70*	3,49
AB	3	79,96	1,24 <sup>ns</sup>	13,89	0,02 <sup>ns</sup>	3,49
Error (b)	12	64,30				
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>					
<b>2 meses</b>		<b>CV = 17,02%</b>			<b><math>\bar{x} = 47,13</math></b>	
<b>4 meses</b>		<b>CV = 9,57%</b>			<b><math>\bar{x} = 255,88</math></b>	

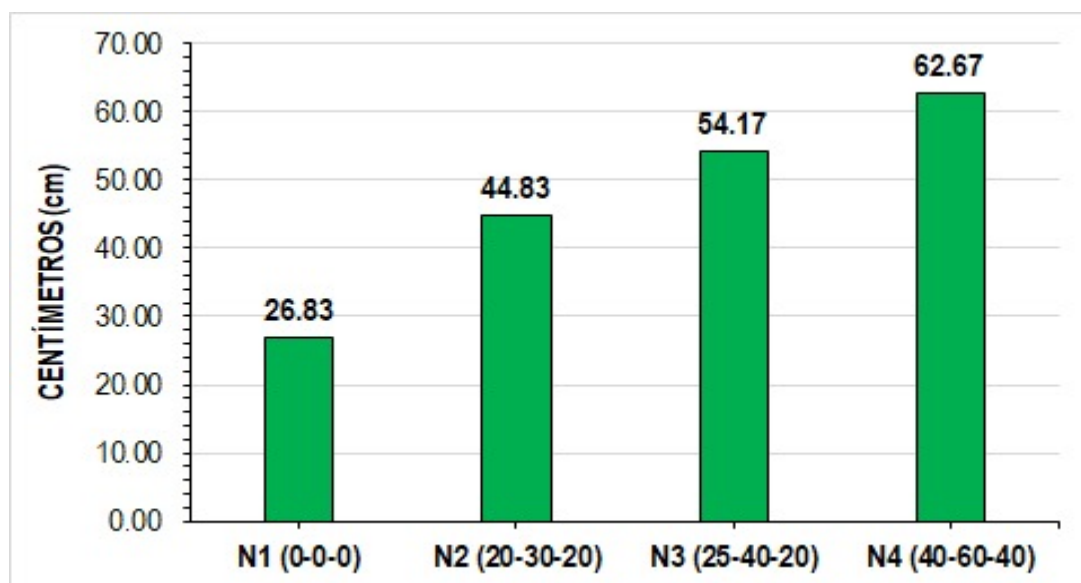
La Prueba de Duncan del Cuadro 05 revela que para el factor B niveles de fertilización, indica que a los 2 meses los niveles N4 y N3 muestran promedios semejantes, así como los niveles N3 y N2; no obstante, a los 4 meses los niveles N4, N3 y N2 presentan igualdad en sus promedios. El nivel N4 (40-60-40) ocupó el primer lugar del orden de mérito (OM) con 62,67 y 278,75 cm a los 2 y 4 meses respectivamente y el cuarto lugar el nivel N1 (0-0-0), tal como se observa en las Figuras 03 y 04.

**Cuadro 05.** Prueba de Duncan para altura de planta a los 2 y 4 meses del factor B (niveles de fertilización)

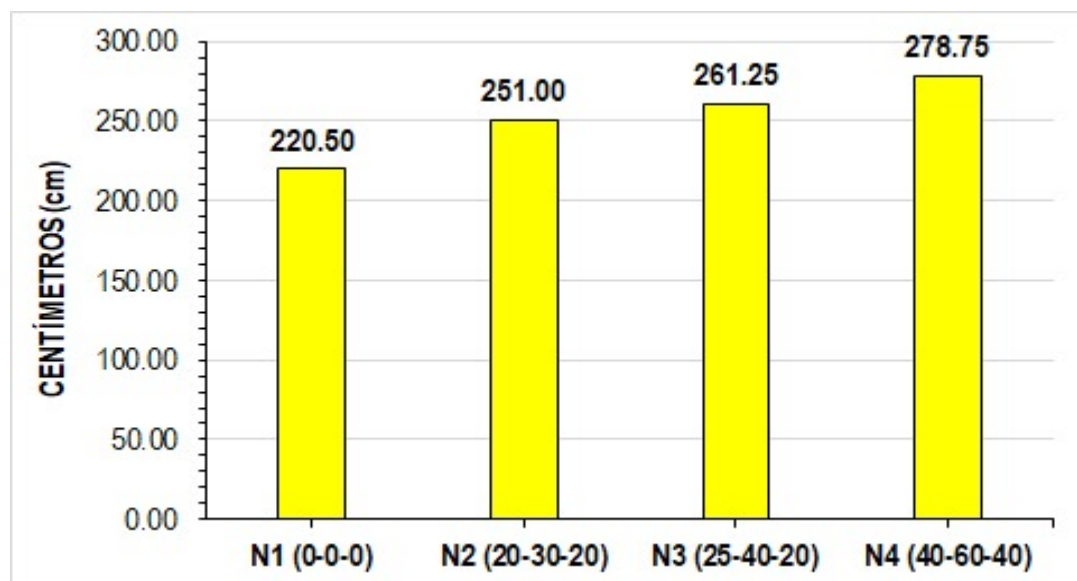
OM	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	Sig. ( $\alpha = 0,05$ )
<b>2 MESES</b>			
1°	N4 (40-60-40)	62,67	a
2°	N3 (25-40-20)	54,17	a b
3°	N2 (20-30-20)	44,83	b
4°	N1 (0-0-0)	26,83	c
<b>4 MESES</b>			
1°	N4 (40-60-40)	278,75	a
2°	N3 (25-40-20)	261,25	a
3°	N2 (20-30-20)	251,00	a b
4°	N1 (0-0-0)	220,50	b

$S\bar{X}$  ( $b_2$  meses) =  $\pm 2,25$

$S\bar{X}$  ( $b_4$  meses) =  $\pm 4,63$



**Figura 03.** Promedios de altura de planta a los 2 meses.



**Figura 04.** Promedios de altura de planta a los 04 meses.

#### 4.1.2. Número de hojas

En el Cuadro 06 se observa el análisis de varianza para número de hojas, en el que el factor B denota significación estadística al nivel del 0,05 de probabilidad de error. El coeficiente de variabilidad fue de 20,97% y 9,61% lo que expresa confiabilidad en la toma de datos para el análisis estadístico.

**Cuadro 06.** Análisis de varianza para número de hojas a los 2 y 4 meses.

Fuente de Variabilidad	gl	2 MESES		4 MESES		Sig. ( $\alpha=0.05$ )
		CM	Fc	CM	Fc	
Bloques	2	9,99	7,46 <sup>ns</sup>	76,58	1,05 <sup>ns</sup>	19,00
A	1	9,34	1,03 <sup>ns</sup>	9,03	0,03 <sup>ns</sup>	18,51
Error (a)	2	9,06				
B	3	30,25	22,60*	933,01	12,93*	3,49
AB	3	14,24	10,64 <sup>ns</sup>	67,05	0,92 <sup>ns</sup>	3,49
Error (b)	12	1,34				
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>					
<b>2 meses</b>	<b>CV = 20,97%</b>			<b><math>\bar{X} = 12,04</math></b>		
<b>4 meses</b>	<b>CV = 9,61%</b>			<b><math>\bar{X} = 44,00</math></b>		

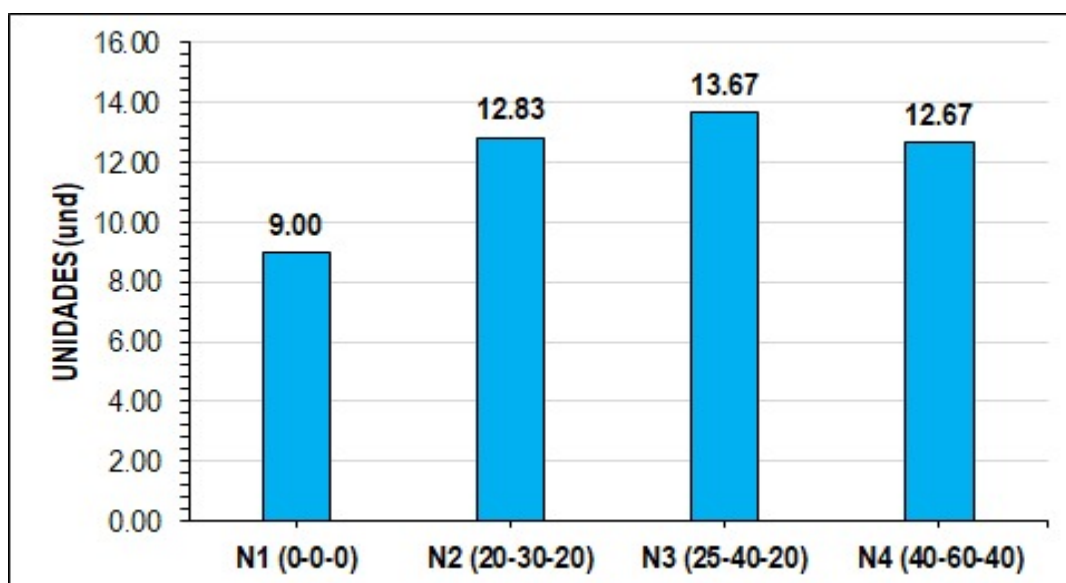
La Prueba de Duncan del Cuadro 07 revela que para el factor B niveles de fertilización, indica que a los 2 meses los niveles N4 y N3 muestran promedios semejantes, así como los niveles N3 y N2; no obstante, a los 4 meses los niveles N4, N3 y N2 presentan igualdad en sus promedios. El nivel N4 (40-60-40) ocupó el primer lugar del OM con 62,67 y 277,50 cm a los 2 y 4 meses respectivamente y el 4° lugar el nivel N1 (0-0-0), tal como se observa en las Figuras 05 y 06.

**Cuadro 07.** Prueba de Duncan para número de hojas a los 2 y 4 meses del factor B (niveles de fertilización)

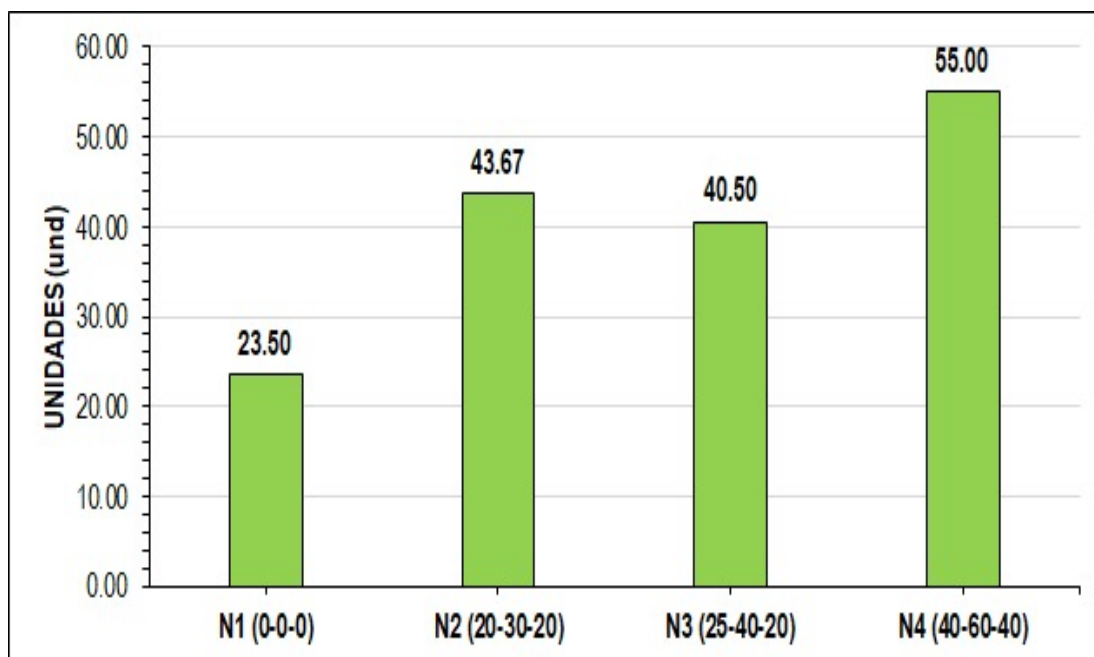
OM	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	Sig. ( $\alpha = 0,05$ )
<b>2 MESES</b>			
1°	N3 (25-40-20)	13,67	a
2°	N2 (20-30-20)	12,83	a
3°	N4 (40-60-40)	12,67	a
4°	N1 (0-0-0)	9,00	b
<b>4 MESES</b>			
1°	N4 (40-60-40)	55,00	a
2°	N2 (20-30-20)	43,67	b
3°	N3 (25-40-20)	40,50	b
4°	N1 (0-0-0)	23,50	c

$S\bar{X}$  ( $b_2$  meses) =  $\pm 1,74$

$S\bar{X}$  ( $b_4$  meses) =  $\pm 0,67$



**Figura 05.** Promedios de número de hojas a los 2 meses obtenidos por los niveles de fertilización.



**Figura 06.** Promedios de número de hojas a los 4 meses obtenidos por los niveles de fertilización.

#### 4.1.3. Número de brotes

En el Cuadro 08 se muestra el análisis de varianza para número de brotes, donde el factor B y la interacción AB denotan significación estadística al nivel del 0,05 de probabilidad de error. El coeficiente de variabilidad fue de (29,63 y 11,76%) lo que expresa confiabilidad en el análisis estadístico.

**Cuadro 08.** Análisis de varianza para número de brotes a los 3 y 5 meses.

Fuente de Variabilidad	gl	3 MESES		5 MESES		Sig. ( $\alpha=0.05$ )	
		CM	Fc	CM	Fc		
Bloques	2	7,34	0,54 <sup>ns</sup>	12,46	3,01 <sup>ns</sup>	19,00	
A	1	47,79	4,92 <sup>ns</sup>	196,40	2,99 <sup>ns</sup>	18,51	
Error (a)	2	9,72		67,98			
B	3	111,68	8,26*	222,31	53,72*	3,49	
AB	3	36,80	2,72 <sup>ns</sup>	37,71	9,11*	3,49	
Error (b)	12	13,52		4,14			
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>						
<b>3 meses</b>	<b>CV = 29,63%</b>					$\bar{x} = 11,63$	
<b>5 meses</b>	<b>CV = 11,76%</b>					$\bar{x} = 17,29$	

La Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad de error consignado en el cuadro 09, indica que para el número de brotes, el factor B (niveles de fertilización) a los 3 meses los niveles N4, N3 y N2 produjeron el mismo efecto difiriendo del nivel N1, mientras que a los 5 meses, el nivel N4 difiere de los demás niveles. La interacción AB produjo efecto con los niveles DS2N4, DS2N2 y DS2N3 al ocupar los primeros lugares del OM. Las figuras del 07, 08 y 09 reflejan que el nivel N4 obtuvo los mayores promedios a los 3 y 5 meses con 16,33 y 22,00 brotes respectivamente, y la interacción DS2N4 reporta el mayor promedio con 25,67 brotes.



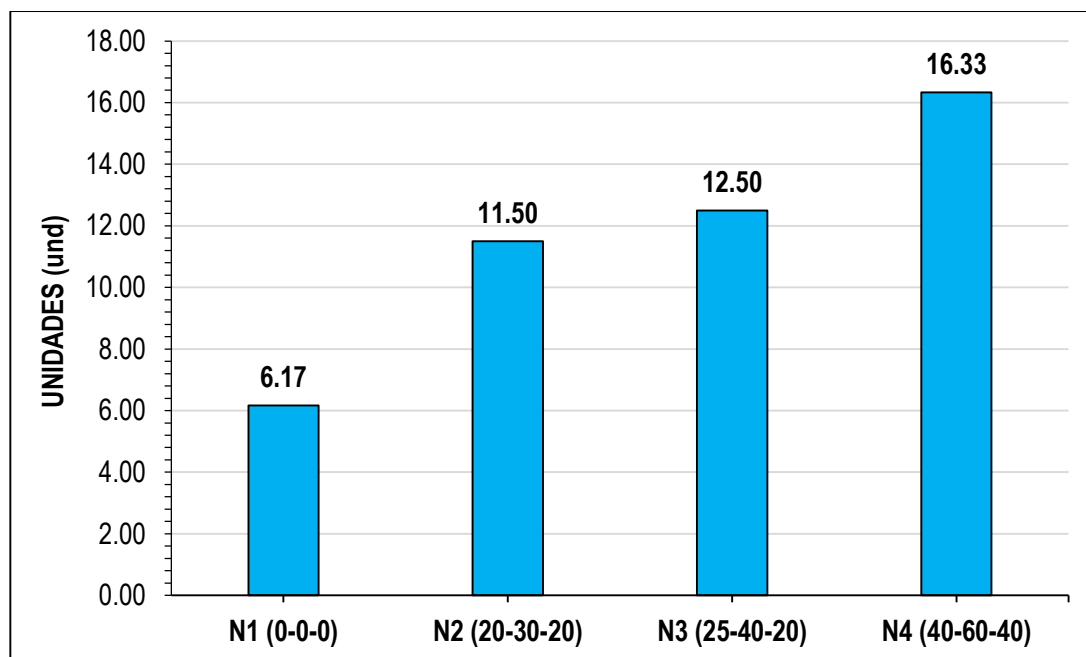
**Cuadro 09.** Prueba de Duncan para número de brotes a los 3 y 5 meses del factor B (niveles de fertilización) y la interacción AB.

OM	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	Sig. ( $\alpha = 0,05$ )
<b>3 MESES: FACTOR B</b>			
1°	N4 (40-60-40)	16,33	a
2°	N3 (25-40-20)	12,50	a
3°	N2 (20-30-20)	11,50	a
4°	N1 (0-0-0)	6,17	b
<b>5 MESES: FACTOR B</b>			
1°	N4 (40-60-40)	22,00	a
2°	N3 (25-40-20)	20,17	a b
3°	N2 (20-30-20)	18,33	b
4°	N1 (0-0-0)	8,67	c
<b>5 MESES: INTERACCIÓN AB</b>			
1°	DS2 N4 (1111 plantas/ha x 40-60-40)	25,67	a
2°	DS2 N2 (1666 plantas/ha x 20-30-20)	24,33	a
3°	DS2 N3 (1111 plantas/ha x 25-40-20)	24,33	a
4°	DS1 N4 (1666 plantas/ha x 40-60-40)	18,33	b
5°	DS1 N3 (1666 plantas/ha x 25-40-20)	16,00	b c
6°	DS1 N2 (1666 plantas/ha x 20-30-20)	12,33	c d
7°	DS2 N1 (1111 plantas/ha x 0-0-0)	9,02	d e
8°	DS1 N1 (1666 plantas/ha x 0-0-0)	8,00	e

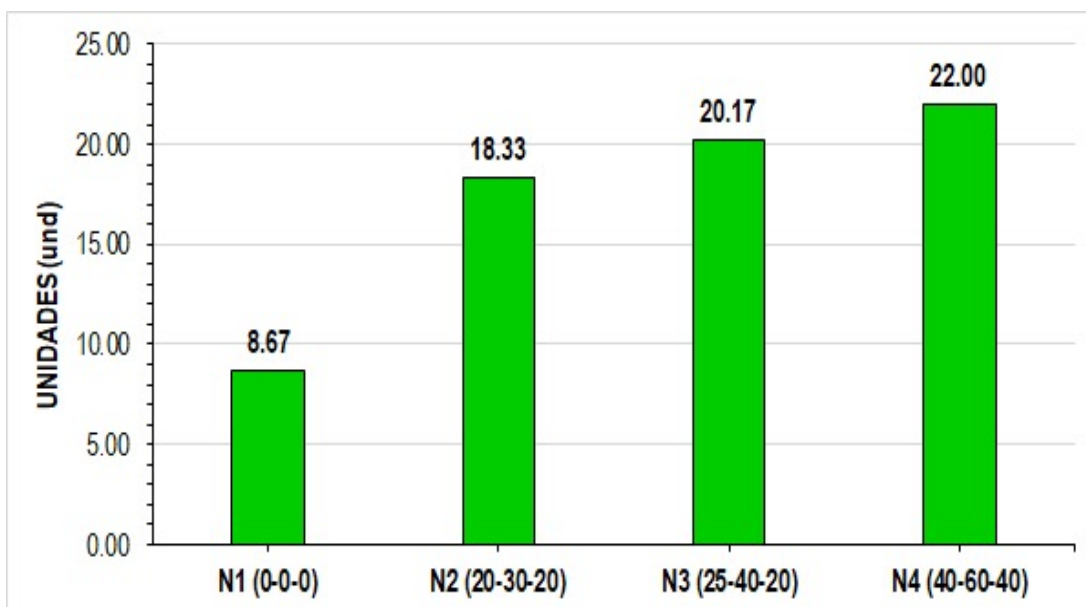
$S\bar{X} (b_3 \text{ meses}) = \pm 1,80$

$S\bar{X} (b_5 \text{ meses}) = \pm 1,17$

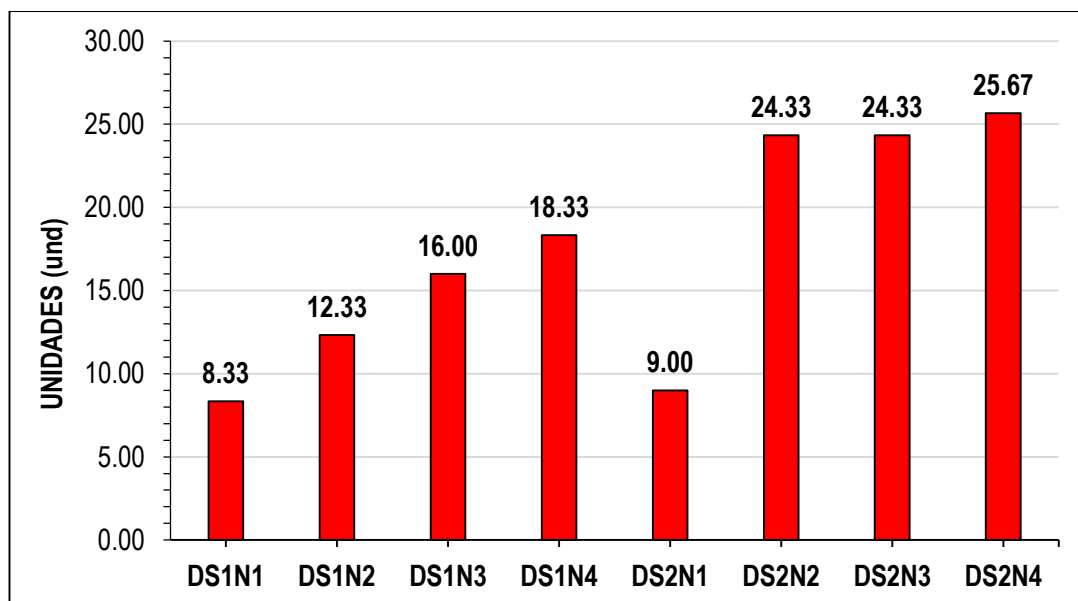
$S\bar{X} (ab_5 \text{ meses}) = \pm 3,55$



**Figura 07.** Promedios de número de brotes a los 3 meses obtenidos por los niveles de fertilización.



**Figura 08.** Promedios de número de brotes a los 5 meses obtenidos por los niveles de fertilización.



**Figura 09.** Promedios de número de brotes a los 5 meses en la interacción AB (distanciamiento de plantas por niveles de fertilización).

#### 4.1.4. Longitud de brotes

En el Cuadro 10 se muestra el análisis de varianza para longitud de brotes, donde el factor B y denota significación estadística al nivel del 0,05 de probabilidad de error. El coeficiente de variabilidad fue de 24,54 y 5,29% los cuales indican precisión en la recolección de datos, y de 0,86 y 0,81 de  $r^2$  lo que expresa el ajuste de los datos al modelo aditivo lineal del diseño.

**Cuadro 10.** Análisis de varianza para longitud de brotes a los 3 y 5 meses.

Fuente de Variabilidad	gl	3 MESES		5 MESES		Sig. ( $\alpha=0.05$ )
		CM	Fc	CM	Fc	
Bloques	2	94,83	2,79 <sup>ns</sup>	371,96	8,23 <sup>ns</sup>	19,00
A	1	258,56	1,07 <sup>ns</sup>	9,34	0,06 <sup>ns</sup>	18,51
Error (a)	2	240,59		150,37		
B	3	481,56	14,18*	398,68	8,83*	3,49
AB	3	26,27	0,77 <sup>ns</sup>	9,63	0,21 <sup>ns</sup>	3,49
Error (b)	12	33,97		45,17		
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>					
<b>3 meses</b>		<b>CV = 24,54%</b>		$\bar{x} = 23,75$		
<b>5 meses</b>		<b>CV = 5,29%</b>		$\bar{x} = 126,96$		

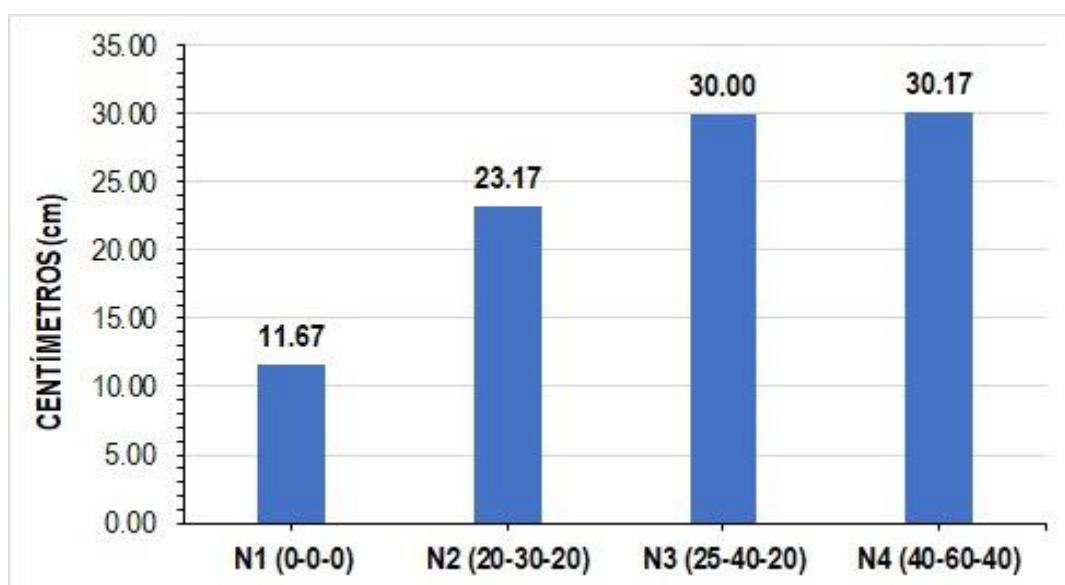
En el cuadro 11 se visualiza la Prueba de Duncan al 0,05 para longitud de brotes, donde los niveles de fertilización N4, N3 y N2 muestran promedios iguales estadísticamente difiriendo del nivel N1 a los 3 y 5 meses, del cual el nivel N4 destaca al obtener el mayor promedio con 30,17 y 134,00 mm a los 3 y 5 meses respectivamente, el cual se muestra en las figuras 12 y 13.

**Cuadro 11.** Prueba de Duncan para longitud de brotes a los 3 y 5 meses del factor B (niveles de fertilización) y la interacción AB.

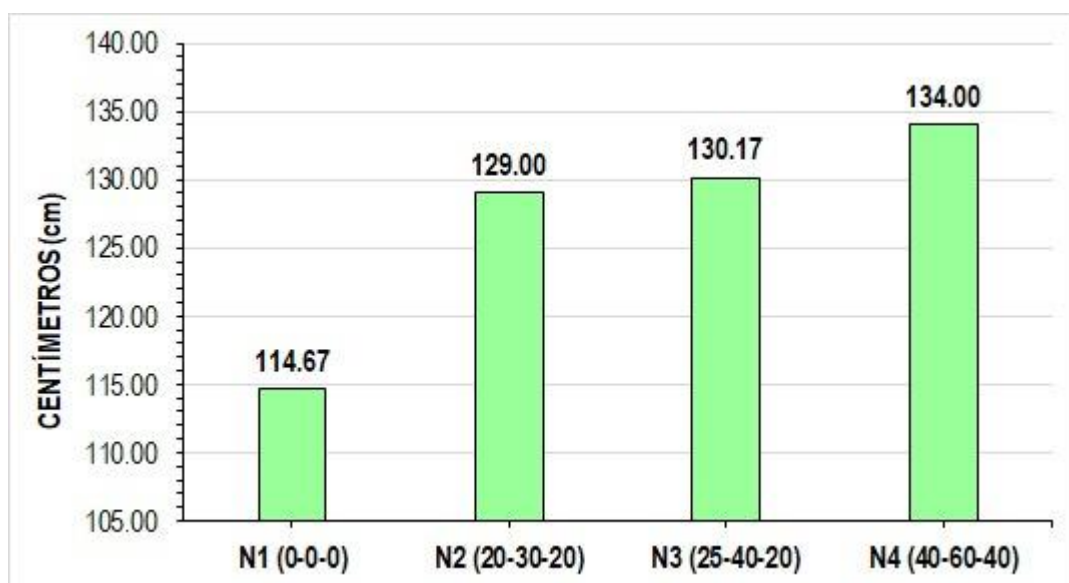
OM	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS (mm)	Sig. ( $\alpha = 0,05$ )
<b>3 MESES: FACTOR B</b>			
1°	N4 (40-60-40)	30,17	a
2°	N3 (25-40-20)	30,00	a
3°	N2 (20-30-20)	23,17	a
4°	N1 (0-0-0)	11,67	b
<b>5 MESES: FACTOR B</b>			
1°	N4 (40-60-40)	134,00	a
2°	N3 (25-40-20)	130,17	a
3°	N2 (20-30-20)	129,00	a
4°	N1 (0-0-0)	114,67	b

$S\bar{X} (b_{3 \text{ meses}}) = \pm 3,37$

$S\bar{X} (b_{5 \text{ meses}}) = \pm 3,88$



**Figura 10.** Promedios de longitud de brotes a los 3 meses obtenidos por los niveles de fertilización.



**Figura 11.** Promedios de longitud de brotes a los 5 meses obtenidos por los niveles de fertilización.

## 4.2. RENDIMIENTO DE *Plukenetia volubilis* L.

### 4.2.1. Frutos por planta

En el Cuadro 12 se observa el análisis de varianza para número de frutos por planta, donde el factor A y la interacción AB fueron no significativos al 0,05 de probabilidad de error, mientras que el factor B obtuvo significación estadística. El coeficiente de variabilidad fue de 18,46% lo que expresa confiabilidad en el análisis estadístico y de 0,89 de  $r^2$ , el cual indica el ajuste de los datos al modelo aditivo lineal del diseño.

**Cuadro 12.** Análisis de varianza para frutos por plantas.

Fuente de Variabilidad	gl	SC	CM	Fc	Sig. ( $\alpha=0,05$ )
Bloques	2	863,65	431,82	2,02 <sup>ns</sup>	19,00
A	1	2869,19	2869,19	1,68 <sup>ns</sup>	18,51
Error (a)	2	3406,70	1703,35		
B	3	11832,30	3944,10	18,43*	3,49
AB	3	1416,81	472,27	2,21 <sup>ns</sup>	3,49
Error (b)	12	2567,85	213,99		
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>22956,50</b>			

**CV = 18,46%**

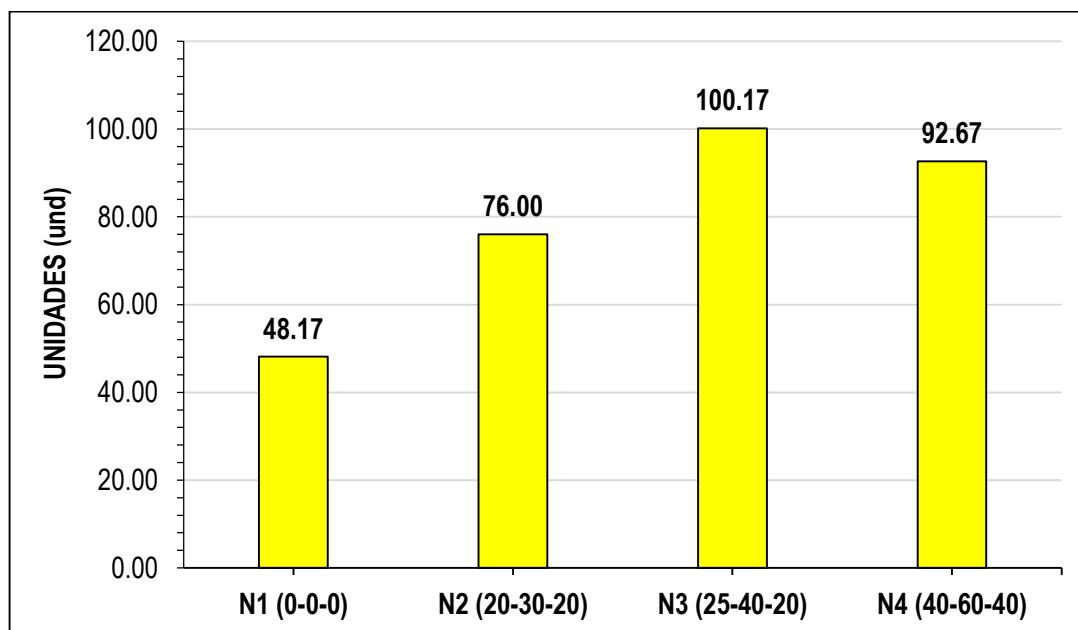
$\bar{x} = 79,25$

La Prueba de Duncan al 0,05 para número de frutos por planta consignado en el cuadro 13 indica que los niveles N3 y N4 son estadísticamente iguales, así como N4 y N2, estos dos rangos estadísticos difieren del nivel N1. El promedio del nivel N3 reporta el mayor número de frutos con 100,17 y el nivel N1 el menor número de frutos con 48,17; tal como se observa en la figura 12.

**Cuadro 13.** Prueba de Duncan para número de frutos por planta del factor B (niveles de fertilización) y la interacción AB.

OM	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS (und)	Sig. ( $\alpha = 0,05$ )
1°	N3 (25-40-20)	100,17	a
2°	N4 (40-60-40)	92,67	a b
3°	N2 (20-30-20)	76,00	b
4°	N1 (0-0-0)	48,17	c

$S\bar{x} (b) = \pm 8,45$



**Figura 12.** Promedios de frutos por planta por niveles de fertilización.



#### 4.2.2. Peso de frutos por planta

En el Cuadro 14 el análisis de varianza indica que el factor A y la interacción AB no reportan significación estadística, mientras que el factor B denota significación estadística al nivel del 0,05 de probabilidad de error. El coeficiente de variabilidad fue de 25,94%, el cual expresa precisión en la recolección de datos, y de 0,75 de  $r^2$  lo que revela el ajuste de los datos al modelo aditivo lineal del diseño.

**Cuadro 14.** Análisis de varianza para peso de plantas.

Fuente de Variabilidad	gl	SC	CM	Fc	Sig. ( $\alpha=0,05$ )
Bloques	2	0,11	0,06	1,30 <sup>ns</sup>	19,00
A	1	0,03	0,03	0,50 <sup>ns</sup>	18,51
Error (a)	2	0,12	0,06		
B	3	0,86	0,29	6,78*	3,49
AB	3	0,41	0,14	3,19 <sup>ns</sup>	3,49
Error (b)	12	0,51	0,04		
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>2,03</b>			

**CV = 25,94%**

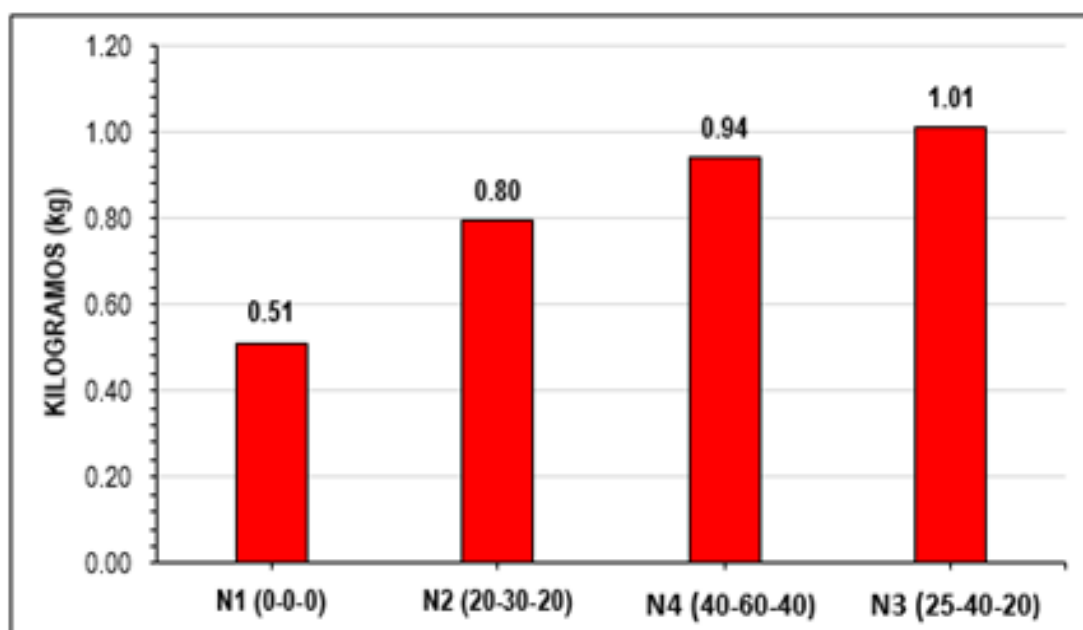
$\bar{x} = 0,81$

La Prueba de Duncan para peso de frutos por planta consignado en el Cuadro 15, indica que los niveles N3, N4 y N2 muestran igualdad estadística en sus promedios, los cuales difieren del nivel N1. Los promedios de los niveles N3, N4 y N2 ocupan los primeros lugares del OM con 1,01; 0,94 y 0,80 kg, tal como se muestra en la Figura 13.

**Cuadro 15.** Prueba de Duncan para número de frutos por planta del factor B (niveles de fertilización) y la interacción AB.

OM	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS (kg)	Sig. ( $\alpha = 0,05$ )
1°	N3 (25-40-20)	1,01	a
2°	N4 (40-60-40)	0,94	a
3°	N2 (20-30-20)	0,80	a
4°	N1 (0-0-0)	0,51	b

**S $\bar{x}$  (b) =  $\pm$  0,12**

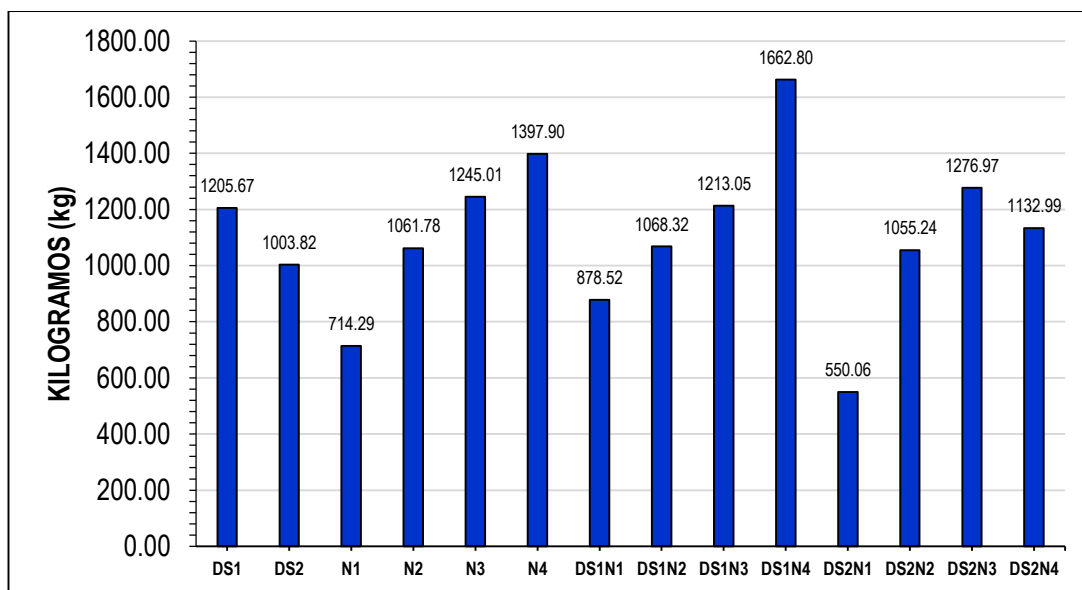


**Figura 13.** Promedios de peso de frutos por planta por niveles de fertilización.

El Cuadro 16 indica el peso de frutos por planta transformado a hectárea donde el nivel DS1, N4 y la interacción DS2N3 obtuvieron los mayores pesos con 1205,67; 1397,90 y 1276,97 kg/ha .

**Cuadro 16.** Promedios de peso de frutos por planta y hectárea.

Niveles	Planta (kg)	Hectárea (kg)
<b>FACTOR A</b>		
DS1 (1666 plantas/ha)	0,72	1205,67
DS2 (1111 plantas/ha)	0,90	1003,82
<b>FACTOR B</b>		
N1 (0-0-0)	0,51	714,29
N2 (20-30-20)	0,80	1061,78
N3 (25-40-20)	0,94	1245,01
N4 (40-60-40)	1,01	1397,90
<b>INTERACCIÓN AB</b>		
DS1N1 (1666 plan./ha x 0-0-0)	0,53	878,52
DS1N2 (1666 plan./ha x 20-30-20)	0,64	1068,32
DS1N3 (1666 plan./ha x 25-40-20)	0,73	1213,05
DS1N4 (1666 plan./ha x 40-60-40)	1,00	1662,80
DS2N1 (1111 plan./ha x 0-0-0)	0,50	550,06
DS2N2 (1111 plan./ha x 20-30-20)	0,95	1055,24
DS2N3 (1111 plan./ha x 25-40-20)	1,15	1276,97
DS2N4 (1111 plan./ha x 40-60-40)	1.02	1132,99



**Figura 14.** Promedios del peso de frutos por planta transformado a hectárea

#### 4.2.3. Peso de almendras por planta

El Cuadro 17 el análisis de varianza para peso de almendras por planta, indica que el factor A y la interacción AB no expresaron significación estadística, mientras que el factor B denota significación estadística al nivel del 0,05 de probabilidad de error. El coeficiente de variabilidad fue de 26,30, valor que manifiesta confianza en la información recopilada, y de 0,83 de  $r^2$  lo que revela el ajuste de los datos al modelo aditivo lineal del diseño.

**Cuadro 17.** Análisis de varianza al 0.05 para peso de almendras por plantas.

Fuente de Variabilidad	gl	SC	CM	Fc	Sig. ( $\alpha=0,05$ )
Bloques	2	0,02	0,01	0,73 <sup>ns</sup>	19,00
A	1	0,13	0,13	2,96 <sup>ns</sup>	18,51
Error (a)	2	0,09	0,05		
B	3	0,50	0,17	12,60*	3,49
AB	3	0,05	0,02	1,37 <sup>ns</sup>	3,49
Error (b)	12	0,16	0,01		
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>0,95</b>			

**CV = 26,30%**

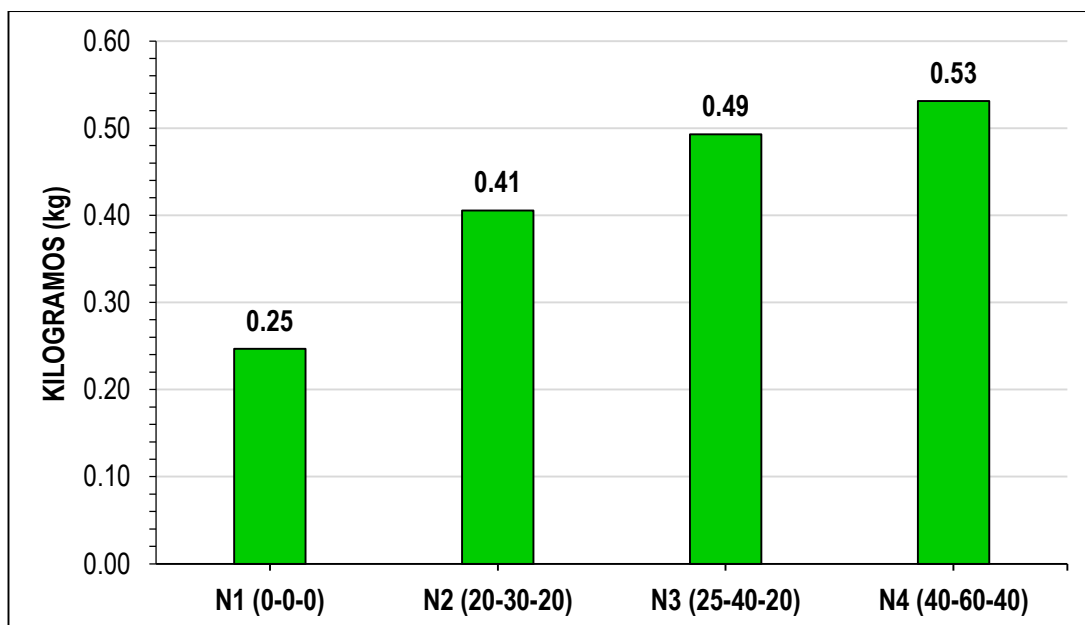
$\bar{X} = 0,42$

La Prueba de Duncan para número de frutos por planta señalado en el Cuadro 18 indica que se conformaron dos rangos estadísticos que muestran igualdad en sus promedios, la primera por N4 y N3 y la segunda por N3 y N2; estos rangos difieren del nivel N1. El promedio del nivel N4, ocupa el primer lugar del OM con 0,53 kg y el último lugar por el nivel N1 con 0,25 kg, tal como se muestra en la figura 14.

**Cuadro 18.** Prueba de Duncan para número de frutos por planta del factor B (niveles de fertilización) y la interacción AB.

OM	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS (kg)	Sig. ( $\alpha = 0,05$ )
1°	N4 (40-60-40)	0,53	a
2°	N3 (25-40-20)	0,49	a b
3°	N2 (20-30-20)	0,41	b
4°	N1 (0-0-0)	0,25	c

**S $\bar{X}$  (b) =  $\pm 0,06$**

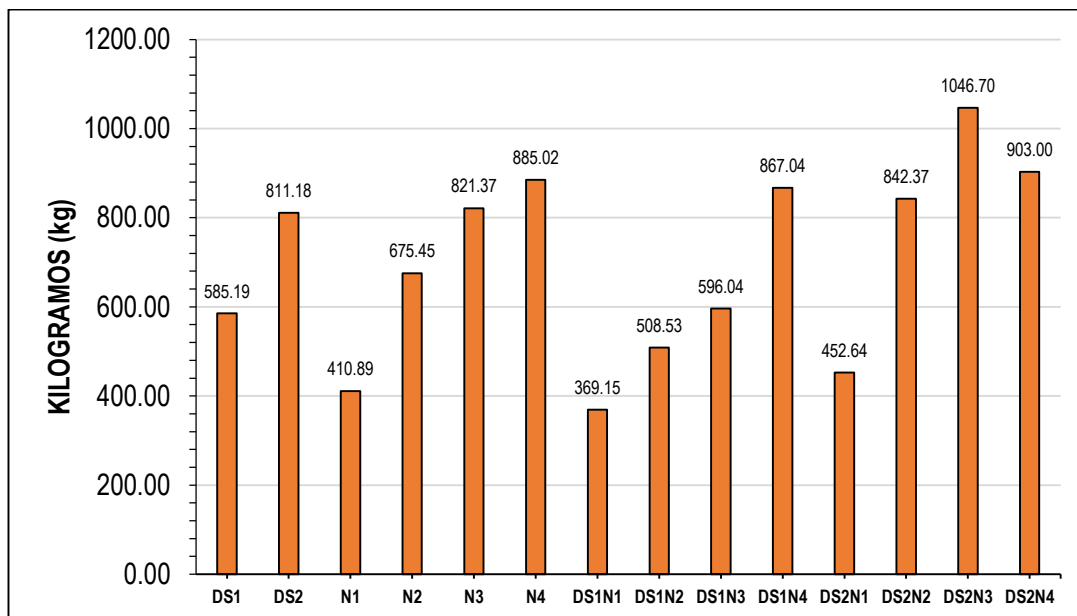


**Figura 15.** Promedios de peso de almendras por planta por niveles de fertilización.

En el cuadro 19 se observa el peso de frutos por planta transformado a hectárea el cual indica que el nivel DS1, N4 y la interacción DS2N3 obtuvieron los mayores pesos con 811,18; 885,02 y 1046,70 kg/ha, tal como se muestra en la figura 16.

**Cuadro 19.** Promedios de peso de frutos por planta y hectárea

Niveles	Planta (kg)	Hectárea (kg)
<b>FACTOR A</b>		
DS1 (1666 plantas/ha)	0,35	585,19
DS2 (1111 plantas/ha)	0,49	811,18
<b>FACTOR B</b>		
N1 (0-0-0)	0,25	410,89
N2 (20-30-20)	0,41	675,45
N3 (25-40-20)	0,48	798,15
N4 (40-60-40)	0,53	885,02
<b>INTERACCIÓN AB</b>		
DS1N1 (1666 plantas/ha x 0-0-0)	0,22	369,15
DS1N2 (1666 plantas/ha x 20-30-20)	0,31	508,53
DS1N3 (1666 plantas/ha x 25-40-20)	0,33	549,60
DS1N4 (1666 plantas/ha x 40-60-40)	0,52	867,04
DS2N1 (1111 plantas/ha x 0-0-0)	0,27	452,64
DS2N2 (1111 plantas/ha x 20-30-20)	0,51	842,37
DS2N3 (1111 plantas/ha x 25-40-20)	0,63	1046,70
DS2N4 (1111 plantas/ha x 40-60-40)	0,54	903,00



**Figura 16.** Promedios del peso de almendra por planta transformado a hectárea.

### 4.3. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS DE *Erythrina fusca* Lour.

#### 4.3.1. Número de brotes por planta.

En el Cuadro 20 el análisis de varianza para número de brotes por planta, donde a los 3 meses no se evidencia significación en los factores A y B ni en la interacción AB; mientras que, a los 5 meses, solo la interacción AB indica significación al 0,05 de probabilidad de error. El coeficiente de variabilidad fue de 26,21 y 5,09% los cuales indican precisión en el registro de los datos, y de 0,55 y 0,71 de  $r^2$  los cuales son superiores al 0,50 que expresa el ajuste de los datos al modelo aditivo lineal del diseño.

**Cuadro 4.** Análisis de varianza para número de brotes por planta a los 3 y 5 meses.

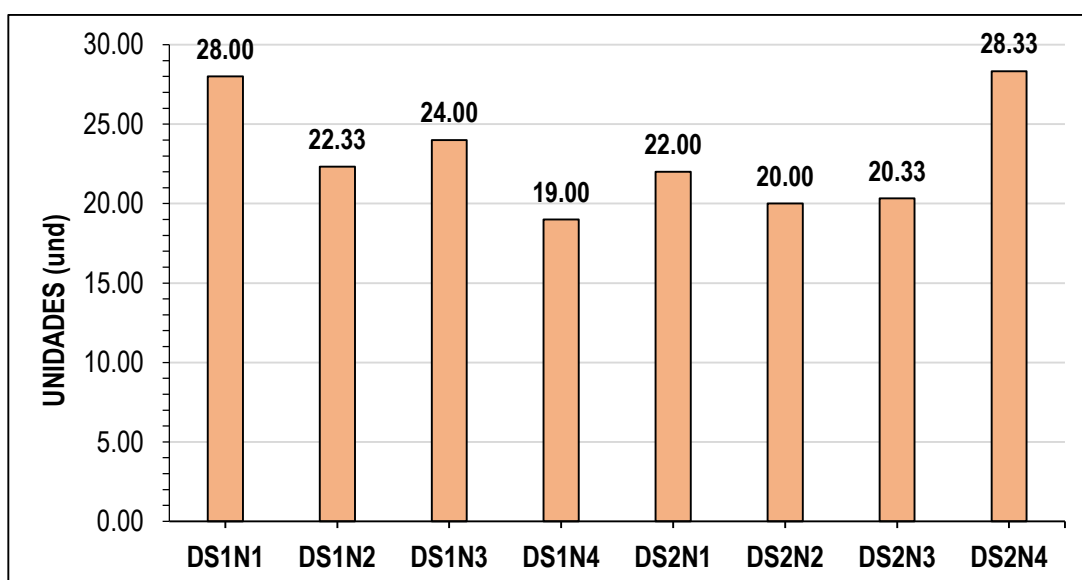
Fuente de Variabilidad	gl	3 MESES		5 MESES		Sig. ( $\alpha=0.05$ )
		CM	Fc	CM	Fc	
Bloques	2	2,17	0,15 <sup>ns</sup>	0,38	0,04 <sup>ns</sup>	19,00
A	1	32,67	4,00 <sup>ns</sup>	2,67	0,12 <sup>ns</sup>	18,51
Error (a)	2	8,17		22,54		
B	3	20,94	1,45 <sup>ns</sup>	17,00	1,64 <sup>ns</sup>	3,49
AB	3	31,44	2,18 <sup>ns</sup>	70,11	6,78*	3,49
Error (b)	12	14,44		10,35		
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>					
<b>3 meses</b>		<b>CV = 26,21%</b>		<b><math>\bar{x}</math> = 16,58</b>		
<b>5 meses</b>		<b>CV = 5,09%</b>		<b><math>\bar{x}</math> = 23,00</b>		

En el Cuadro 21 se observa la Prueba de Duncan al 0,05 de probabilidad de error para número de brotes por planta a los 5 meses, donde la interacción DS2N4, manifestó el mayor promedio con 28,33 brotes y el menor promedio se registró en la interacción DS1N4 con 19 brotes, tal como se observa en la Figura 17.

**Cuadro 5.** Prueba de Duncan para número de brotes a los 5 meses.

OM	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	Sig. ( $\alpha = 0,05$ )
1°	DS2 N4 (1111 plantas/ha x 40-60-40)	28,33	a
2°	DS1 N1 (1666 plantas/ha x 20-30-20)	28,00	a
3°	DS1 N3 (1111 plantas/ha x 25-40-20)	24,00	a
4°	DS1 N2 (1666 plantas/ha x 40-60-40)	22,33	b
5°	DS2 N1 (1666 plantas/ha x 25-40-20)	22,00	b c
6°	DS2 N3 (1666 plantas/ha x 20-30-20)	20,33	c d
7°	DS2 N2 (1111 plantas/ha x 0-0-0)	20,00	d e
8°	DS1 N4 (1666 plantas/ha x 0-0-0)	19,00	e

$S\bar{X} (ab) = \pm 4,83$



**Figura 17.** Promedios del número de brotes por planta transformado a hectárea.



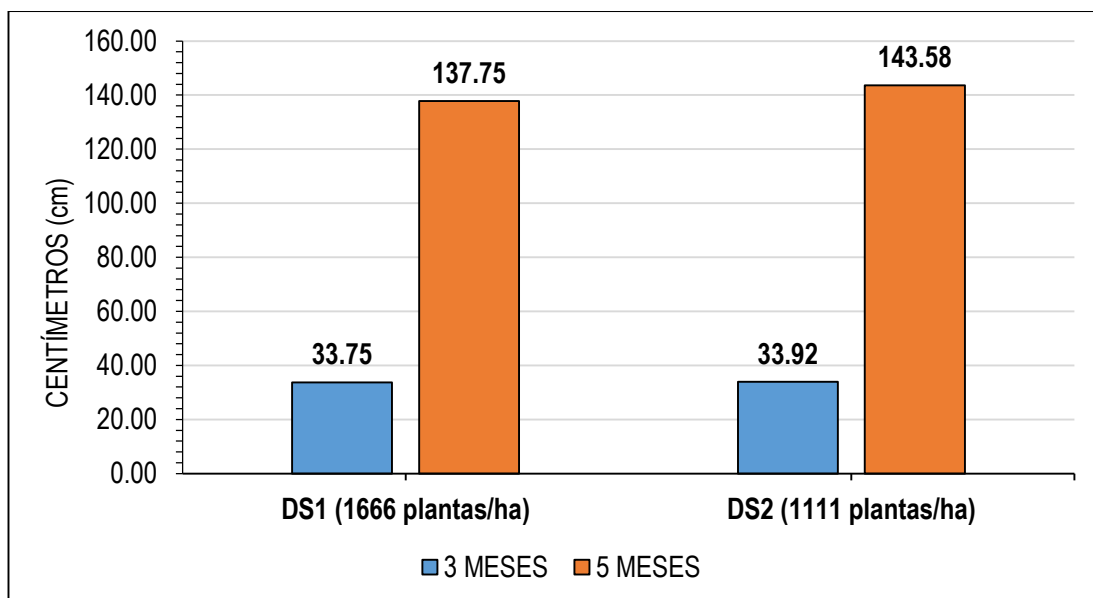
### 4.3.2. Altura de planta

El Cuadro 22 se muestra el análisis de varianza para altura de planta, donde a los 3 y 5 meses no se evidencia significación en los factores A y B ni en la interacción AB al 0,05 de probabilidad de error. El coeficiente de variabilidad fue de 26,21 y 5,09% los cuales indican precisión en el registro de los datos, y de 0,55 y 0,71 de  $r^2$ , cuyos valores son superiores al 0,50 el cual que expresa el ajuste de los datos al modelo aditivo lineal del diseño.

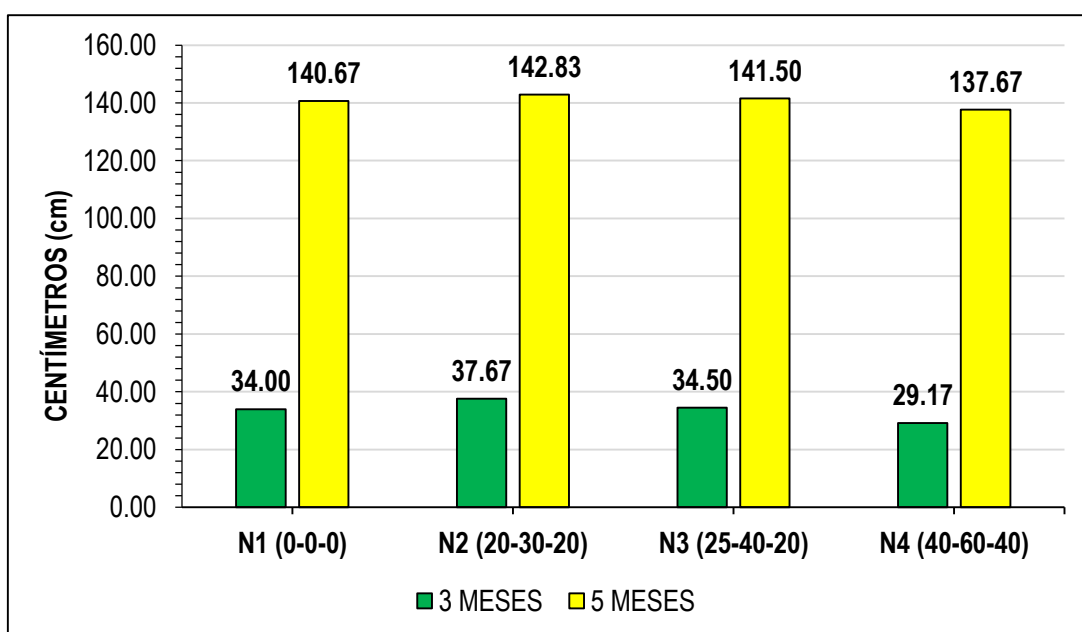
**Cuadro 22.** Análisis de varianza para altura de planta a los 3 y 5 meses.

Fuente de Variabilidad	gl	3 MESES		5 MESES		Sig. ( $\alpha=0.05$ )
		CM	Fc	CM	Fc	
Bloques	2	138,67	1,76 <sup>ns</sup>	204,17	9,21 <sup>ns</sup>	19,00
A	1	0,17	0,02 <sup>ns</sup>	22,17	0,43 <sup>ns</sup>	18,51
Error (a)	2	8,17		172,67		
B	3	73,89	0,94 <sup>ns</sup>	28,78	0,56 <sup>ns</sup>	3,49
AB	3	9,39	0,12 <sup>ns</sup>	28,94	0,56 <sup>ns</sup>	3,49
Error (b)	12	78,64		51,36		
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>					
<b>3 meses</b>	<b>CV = 26,21%</b>			<b><math>\bar{x} = 33,83</math></b>		
<b>5 meses</b>	<b>CV = 5,09%</b>			<b><math>\bar{x} = 140,67</math></b>		

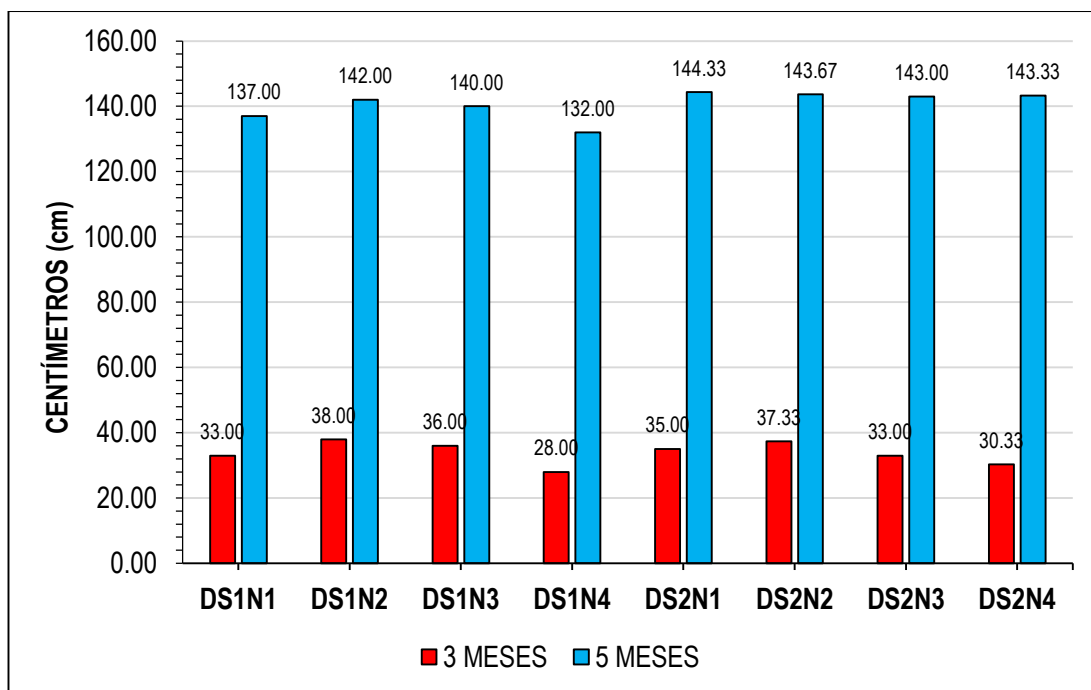
En las figuras del 18, 19 y 20, se observan los promedios obtenidos por los factores A y B, y la interacción AB respecto a la altura de la planta, en ellos se muestran la escasa diferencia entre cada nivel de los factores, así como de las interacciones. Aritméticamente, el nivel DS2 registra mayor altura a los 3 y 5 meses con 33,75 y 143,58 cm respectivamente; el nivel N2 expresa una altura mayor de 37,67 y 142,83 cm a los 3 y 5 meses respectivamente; y la interacción DS1N2 a los 3 meses con 38,00 cm y la interacción DS2N1 con 144,33 cm a los 5 meses.



**Figura 18.** Promedios de altura de planta reportado por los distanciamientos de siembra (Factor A) a los 3 y 5 meses.



**Figura 19.** Promedios de altura de planta reportada por los niveles de fertilización (Factor B) a los 3 y 5 meses.



**Figura 20.** Promedios de altura de planta reportada por la interacción AB a los 3 y 5 meses.

#### 4.4. CAMBIOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

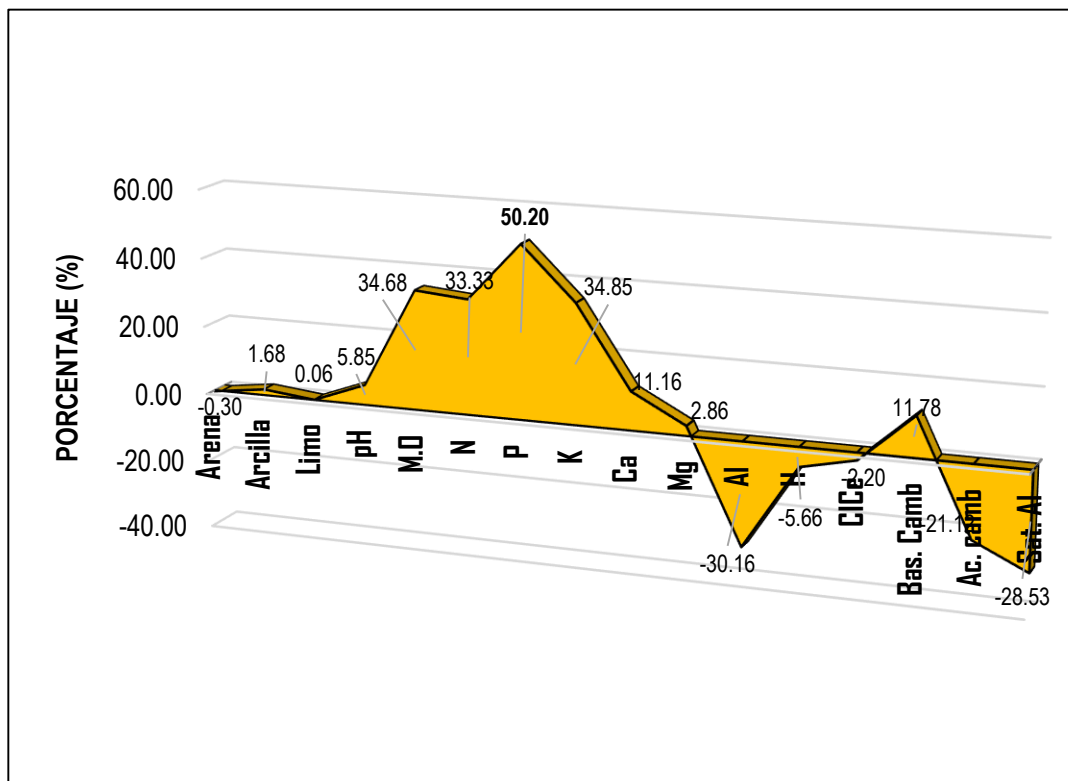
En el Cuadro 23 se muestra la variación porcentual de las propiedades físicas y químicas del suelo sin y con fertilización, donde la arena, el aluminio, el hidrogeno, el CICE, los ácidos cambiables y la saturación de aluminio disminuyeron en 0,30; 30,16; 5,66; 2,20; 21,12 y 28,53 % respectivamente. Por otro lado, la arcilla, limo, el pH, la materia orgánica (M.O), el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) incrementaron en 1,68; 0,06; 5,85; 34,68; 33,33; 50,20; 34,85; 11,16; 2,86 y 11,78% respectivamente.

**Cuadro 23.** Variación porcentual de las propiedades físicas y químicas del suelo sin y con fertilización.

Parámetros	Unidad de medida	Sin fertilización	Con fertilización	Variación porcentual (%)
Arena	%	46	45,86	-0,30
Arcilla	%	19	19,32	1,68
Limo	%	35	35,02	0,06
pH	1 : 1	5,13	5,43	5,85
M.O	%	1,24	1,67	34,68
N	%	0,06	0,08	33,33
P	ppm	4,96	7,45	50,20
K	ppm	65,97	88,96	34,85
Ca	Cmol(+)/kg	2,51	2,79	11,16
Mg	Cmol(+)/kg	0,70	0,72	2,86
Al	Cmol(+)/kg	1,26	0,88	-30,16
H	Cmol(+)/kg	0,53	0,50	-5,66
CICE	Cmol(+)/kg	5	4,89	-2,20
Bases cambiables	%	64,20	71,76	11,78
Ácidos cambiables	%	35,80	28,24	-21,12
Sat. Al	%	25,20	18,01	-28,53

En la Figura 21 se observa al fósforo (P) como el de mayor incremento produjo (50,20%) a consecuencia de la integración de *Plukenetia* y *Erythrina fusca*, mientras que el aluminio (Al) disminuyó en 30,16%, lo que indica que

la asociación entre *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour pueden readecuar el suelo.



**Figura 21.** Variación porcentual de las propiedades físicas y químicas del suelo sin y con fertilización.

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS DE *Plukenetia volubilis* L.

De acuerdo a los resultados, los niveles de fertilización N2, N3 y N4 produjeron efecto significativo en los parámetros de las características vegetativas de *Plukenetia* (altura de planta, número de hojas, número de brotes y longitud de brotes), siendo el nivel N4 el que mostró aritméticamente promedios superiores, esto en cierta medida fue influenciado por la integración con *Erythrina fusca* Lour, que según Arévalo (1999) *Plukenetia volubilis* L. obtiene buen comportamiento. Por otro lado, con el distanciamiento de siembra DS2 solo manifestó diferencias al interaccionar con el nivel N4 en el número de brotes, de modo que es posible emplear este distanciamiento de siembra al integrarse con *Erythrina fusca* Lour, lo que contradice a Manco (2007) quien recomienda un distanciamiento de 1111 plantas/ha.

#### 5.2. RENDIMIENTO DE *Plukenetia volubilis* L.

Respecto a esta variable, los niveles de fertilización N3 y N4 produjeron efecto significativo sobre número de frutos por planta (N3 = 100,17 y N4 = 92,67), peso de frutos por planta (N3 = 1,01 kg y N4 = 0,94 kg) y peso de almendras por planta (N4 = 0,53 kg y N3 = 0,48), resultados que demuestran que el distanciamiento de siembra no influencia para el incremento del rendimiento de *Plukenetia volubilis* L. Por otro lado, al estimar el peso de frutos y almendras por hectárea registran un comportamiento inferior a lo reportado por Luna (2008) que a un

distanciamiento de siembra de 1666 plantas por hectárea obtuvo 240,51 frutos, 1682 kg/ha y 989,31 kg/ha.

### **5.3. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS DE *Erythrina fusca* Lour**

En base a los resultados obtenidos en el número de brotes y altura de planta se afirma que los distanciamientos de siembra y los niveles de fertilización no producen efecto significativo a los 3 y 5 meses de edad, no obstante, solo evidencia significación a los 5 meses en la interacción DS2N4 manifestó el mayor promedio con 28,33 brotes. Estos resultados demuestran que bajo estos niveles de fertilización la *Erythrina fusca* Lour no expresa características vegetativas considerables, la misma que está influenciado por el tiempo de evaluación, ya que es un árbol de características vegetativas perennes (Jiménez *et al.*, 2004).

### **5.4. CAMBIOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO**

De los resultados del análisis del suelo pre y post se deduce que hubo una readecuación en la mayoría de propiedades químicas del suelo especialmente en el aluminio, el pH, la materia orgánica (M.O), el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg). Esto demuestra que la integración entre *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour permite la readecuación del suelo, debido a que *Erythrina fusca* Lour tiene la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis con la bacteria *Rhizobium* (Allen y Allen, 1981), por estas características es considerado como una especie compatible en diversos sistemas de producción.

## CONCLUSIONES

- a)** Si existe efectos de la fertilización en las características vegetativas de *Plukenetia volubilis*, en los niveles de fertilización N2, N3 y N4 en los parámetros altura de planta, número de hojas y brotes y longitud de brotes, siendo aritméticamente el nivel N4 (40-60-40) que evidenció promedios destacables, este nivel interacciona con el nivel DS2 (1111 plantas/ha) en el número de brotes. De modo que el distanciamiento de siembra no ejerce efecto sobre esta variable.
- b)** En el rendimiento de *Plukenetia volubilis* L., los niveles de fertilización N3 y N4 produjeron efecto significativo en número de frutos por planta, peso de frutos por planta y de almendras por planta. Los distanciamientos de siembra no muestran efecto sobre la variable.
- c)** En las características vegetativas de *Erythrina fusca* Lour, solo se evidenció efecto de las interacciones DS2N2, DS2N3 y DS2N4 en el número de brotes a los 5 meses.
- d)** Existió un cambio en las propiedades químicas del suelo en el aluminio, el pH, la materia orgánica (M.O), el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), producto de la integración entre *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour.



## RECOMENDACIONES

- a)** Emplear el nivel de fertilización N4 (40-60-40) en el cultivo de *Plukenetia volubilis* L., ya que su efecto influencia en las características vegetativas de la planta y en el rendimiento.
- b)** Integrar la plantación de *Plukenetia volubilis* L. con *Erythrina fusca* Lour al permitir en el estudio un comportamiento aceptable de *Plukenetia volubilis* L.
- c)** Realizar estudios en fertilización orgánica en *Plukenetia volubilis* L. empleando diversas fuentes.
- d)** Efectuar estudios de caracterización de ecotipos de *Plukenetia volubilis* L. en el distrito de Monzón.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez, G.F.L.; Ríos, T.R.S. 2007. Estudio de viabilidad económica del cultivo de *Plukenetia volubilis* Linneo “sacha inchi” – departamento de San Martín. Programa de ordenamiento ambiental – POA evaluación económica opciones productivas amazonia peruana. Iquitos, Perú.
- Anaya J. Proyecto Omega. Plan de comercialización de aceite y harina proteica de Inca inchi. Agroindustrias Amazónicas. Tarapoto, Perú (2003).
- Andina del Perú para el Mundo. (2017). [En línea]; (ingresado el 19 de diciembre de 2017). Disponible en: <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-sacha-inchi-se-convierte-cultivo-alternativo-para-ex-cocaleros-valle-del-monzon-676140.aspx>.
- Andrade, L.; Calderón, A. 2009. Manual de producción de sacha inchi para el biocomercio y la agroforestería sostenible. Proyecto Perúbiodiverso – PB. p. 5- 51.
- Aranda, J. 2010. Monografía sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Desarrollo de monografías para cinco cultivos peruanos del Proyecto Perubiodiverso.
- Arévalo, G. 2008. Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología - PRONARGE, Estación Experimental El Porvenir – Tarapoto. Consultado 15 ago. 2012. Disponible en el enlace

[En línea]; <http://www.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/inia/inia-i5/inia-i5-frame.htm>.

Arévalo G. 1999. El cultivo del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la amazonia. Instituto de Nacional de Investigación Agraria. Tarapoto, Perú.

Ayala G. 2016. Análisis de crecimiento y producción de 3 variedades de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), en el Municipio De Tena Cundinamarca. Universidad De Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA BOGOTÁ D.C. 59 p.

Benites, J. 2014. Las leguminosas en la alimentación y en la fertilidad de los suelos. Leisa Volumen. 32 número 2. [En línea]; (ingresado el 21 de diciembre de 2017). Disponible en: <http://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-32-numero-2/1508-las-leguminosas-en-la-alimentacion-y-en-la-fertilidad-de-los-suelos>.

Calero, B. 2013. La cadena del valor del Sachá Inchi en la región San Martín – Análisis y lineamientos estratégicos para su desarrollo” – PERU BIODIVERSO – Primera Edición, 58 p. Consultado 20 set. 2013. Disponible en el enlace.

Calram S.A.C. 2008. “Cadena de Valor del Sachá Inchi en la Región San Martín” Informe Técnico. San Martín – Perú 47 p. Consultado 18 ago. 2012. [En línea]; Disponible en el enlace: [www.miskikawsay.com/CadenaValorSachaInchi.pdf](http://www.miskikawsay.com/CadenaValorSachaInchi.pdf).

Catálogo de la Biodiversidad Colombia. 2017. *Erythrina fusca* Lour. [En línea]; (ingresado el 20 de diciembre de 2017). [En línea]; Disponible en: <http://catalogo.biodiversidad.co/fichas/3538>.

- Falcón, R. 2002. Degradación del Suelo: causas, procesos, evaluación e investigación parte I. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. 124 p. [En línea]; Disponible en: <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/36670.pdf>.
- Fanali C, Dugo L, Cacciola, F, Beccaria, M, Grasso, S, Dachà, M, Dugo, P, Mondello, L. 2011. Chemical characterization of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59: 13043–13049.
- Follegatti, L.; Piantino, R.; Grimaldi, R.; Cabral, F. 2009. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of omega-3 rich oil from Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. Journal of Supercritical Fluids 49: 323–329.
- Gálvez J. 2002. La Restauración Ecológica: conceptos y aplicaciones. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Guatemala. 23 p. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/IARNA/SERIETECNINCA/8.pdf>.
- Granados, J. 2009. Sacha inchi - manejo del cultivo Copyright © Galeon.com Huánuco – Perú. Consultado 17 ago. 2018. Disponible en el enlace: <http://proyectosachainchi.galeon.com/>.
- Gutiérrez, L.F.; Rosada, L.M.; Jiménez, A. 2011. Chemical composition of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Seed and characteristics of their lipid fraction. Grasas y aceite 62(1): 76-83. [En línea]; Disponible en el enlace <http://perubiodiverso.pe/assets/La-cadena-de-valor-del-sacha-inchi-2013.pdf>.
- IIAP. 2009. Estudio de Viabilidad Económica del Cultivo de (*Plukenetia volubilis* Linneo), Sacha Inchi, en el Departamento de San Martín” – Primera Edición, Iquitos – Perú, 68 p.

INCAGRO. 2008. Cultivo de sacha inchi. Manual de Capacitación, Municipalidad Distrital de Pichanaki. Huancayo – Perú. 24 p. Consultado 15 ago. 2012. [En línea]; Disponible en el enlace [www.ciedperu.org/descarga/MANUAL%20SACHA%20INCHI2008.pdf](http://www.ciedperu.org/descarga/MANUAL%20SACHA%20INCHI2008.pdf).

Jiménez, L.; Martínez, M. y Cruz, R. 2000. El género *Plukenetia* (Euphorbiaceae) en México. Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 71(1): 11-18.

Loureiro, J. 1790. Taxonomía de *Erythrina fusca* Lour. Publicado en Flora Cochinchinensis 2: 427–428. 1790. [En línea]; (ingresado el 20 de diciembre de 2017: [https://es.wikipedia.org/wiki/Erythrina\\_fusca](https://es.wikipedia.org/wiki/Erythrina_fusca)).

Luna, V. 2008. Comparativo de tres densidades de siembra en Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) bajo el sistema de espalderas en condiciones de suelos ácidos. Región San Martín. Tesis Facultad de Agronomía Universidad Nacional de San Martín Tarapoto – Perú. 95 p.

Manco, E. 2007. Cultivo de sacha inchi. Estación Experimental El Porvenir – Tarapoto Perú. 11 p.

Manco, E. 2006. Cultivo de Sacha Inchi. Estación Experimental Agraria el Porvenir, INIEA. Tarapoto. p 10. Disponible en: <http://www.incainchi.es/pdf/1358.pdf>

Manco, E. 2005. Instituto Nacional de Investigación y Extensión agraria. Dirección de Investigación Agraria. Subdirección de Recursos Genéticos y Biotecnología Estación Experimental Agraria “el Porvenir” – Tarapoto. p. 8.

MINAGRI. 2007. Plan Estratégico del Sector Agrario en la Región Piura 2008-2021. Gobierno Regional Piura – 89 p.

- MINAGRI. 2016. Boletín estadístico de Producción . Consultado 12 Feb 2017. 83 p. [En línea]; Disponible en el enlace: <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/prod-agricola-pecuariaavicola/2016/boletin-produccion-comercializacion-avicola-mayo2016.pdf>
- Morales, P; Carvalho M; Sánchez C; Cámara M; Molina M; Ferreira ICFR. 2012. Tocopherol composition and antioxidant activity of Spanish wild vegetables. *Genetic Resources and Crop Evolution* 59: 851–863.
- Morales, P; Carvalho, M; Sánchez-Mata, C; Cámara, M; Molina, M; Ferreira, ICFR. 2012. Tocopherol composition and antioxidant activity of Spanish wild vegetables. *Genetic Resources and Crop Evolution* 59: 851–863.
- Mostacero, J; Mejia, F y Gamarra, O. 2002. Taxonomía de las Fanerogamas Útiles del Perú. Volumen I. CONCYTEC. Trujillo-Perú. 667 p.
- Ortiz *et al.*. 2007. Técnicas de Recuperación de Suelos Contaminados. Universidad de Alcalá del Círculo de Innovación en tecnologías Medioambientales y Energía (CITME) Universidad de Alcalá Dirección General de Universidades e Investigación. Elecé Industria Gráfica. pp. 122-123 (2012). [En línea]; Disponible en: <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001700.pdf>
- Paitan, R. 2006. Adaptabilidad del cultivo de sacha inchi en el Valle del Jequetepeque, La Libertad. Centro económico de promoción y acción social. CEDEPAS Norte.
- Palacios, M. 2008. Sacha inchi. Ediciones “Naturamedicatrix” Lima Abril - 2008. 69 p.
- Perez, A. 2014. Evaluación de la adaptación de *Plukenetia volubilis* L. (Sacha inchi), bajo las condiciones orgánicas en el Sinú medio,

Departamento de Córdoba (Colombia). Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas, programa de biología, Montería, Colombia.

Plaza, J. 2014. DRd – Desarrollo Regional em debate (ISSN 2237-9029). v. 4, n. 2, p. 158-177. [En línea]; (ingresado el 21 de diciembre de 2017). Disponible en: <file:///C:/Users/USER08/Downloads/Dialnet-DesarrolloRegionalAguasSubterranasYCambiosDeUsoDe-5443972.pdf>

Proyecto Eje de Desarrollo en el Valle del Monzón financiado por el FONDAM y ejecutado por CEDRO. 2017. Fecha de publicación: 25/09/2017. [En línea]; (ingresado el 18 de diciembre de 2017). Disponible en: [www.fondoamericas.org.pe/7004-2/](http://www.fondoamericas.org.pe/7004-2/)

Ramírez, R. 1997. Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de los Suelos. Santafé de Bogotá, OC. Carlos Naranjo O. Primera edición. Produmedios. p 10. Disponible en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>

Ramos, F. 2014. Caracterización y trazabilidad del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Programa de Ciencias y Tecnología, Departamento de Química Analítica. Universidad de Sevilla.

RSS feed. 2013. pH de un suelo. Influencia del pH en el suelo. [En línea]; (ingresado el 20 de diciembre de 2017). Disponible en: <http://www.tecnicoagricola.es/ph-de-un-suelo/>

Sathe, K.; Hamaker, R.; Sze-Tao, W.; Venkatachalam, M. 2012. Handbook of analysis of active compounds in functional foods. Boca Raton; Taylor & Francis Group, LCC. Pp. 87-797.

Shapiama, S. 2008. "Diagnóstico Poblacional de Nemátodos Fitoparásitos en el Cultivo de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la región San

Martín". Tesis para optar el título de Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de san Martín Perú.

Sihuayro, D. 2013. Evaluación del rendimiento en la extracción del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) del ecotipo predominante en el valle del río apurímac (ayacucho) y su caracterización físico-química y sensorial". Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann Tacna, Perú.

Tamayo, S; Monterio, T; Sauer, N; Deliveries optimization by exploiting production traceability information. Engineering Applications of Artificial Intelligence 22: 557–568 (2009).

Tasso, M.; La Serna, V; Piccardo, L; Ventura, A; Córdova, R; Castillo, A. 2013. Boletín técnico, cultivo de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Ministerio de Agricultura de Competitividad Agraria. Lima, Perú.

Tito Huamaní Pedro L., 2009, Estrategias de comercialización del sachá inchi, Proceso [En línea]; consultado 11-03-2013, disponible en:[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/administracion/v12\\_n23/pdf/05v13n23.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/administracion/v12_n23/pdf/05v13n23.pdf)

Tito-Huamaní, P; Bautista-Flores, E. 2009. Estrategias de comercialización del Sachá inchi. Gestión en el Tercer Milenio 12: 37–49 .

Valles CR. 1993. Sachá inchi bautizado como "Maní del Inca". En Oportunidades comerciales. Tarapoto, Perú.



**ANEXOS**

**ANEXO 1.** Promedios de días a la germinación de *Plukenetia volubilis* L.

BLOQUES	DS1 =3x2				DS2 =3x3				PROMEDIO	SUMA
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4		
I	25	23	25	23	26	23	23	23	23.88	191
II	26	23	23	23	26	25	24	23	24.13	193
III	24	24	23	23	27	23	23	23	23.75	190
<b>PROMEDIO</b>	25.00	23.33	23.67	23.00	26.33	23.67	23.33	23.00	23.92	
<b>SUMA</b>	75.00	70.00	71.00	69.00	79.00	71.00	70.00	69.00		574

**ANEXO 2.** Promedios de altura de planta a los 3 y 5 meses de *Plukenetia volubilis* L.

BLOQUES	DS1 =3x2				DS2 =3x3				PROMEDIO	SUMA
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4		
<b>3 MESES</b>										
I	25	35	38	52	19	49	50	51	39.88	319
II	28	36	61	67	23	36	55	56	45.25	362
III	46	49	63	67	20	64	58	83	56.25	450
<b>PROMEDIO</b>	33.00	40.00	54.00	62.00	20.67	49.67	54.33	63.33	47.13	
<b>SUMA</b>	99.00	120.00	162.00	186.00	62.00	149.00	163.00	190.00		1131
<b>5 MESES</b>										
I	150	230	250	260	240	255	258	260	230.83	1385
II	250	255	260	290	238	245	265	290	259.67	1558
III	195	260	270	280	250	255	260	285	256.43	1795
<b>PROMEDIO</b>	198.33	248.33	260.00	276.67	242.67	255.00	265.00	285.00	253.88	
<b>SUMA</b>	595.00	745.00	780.00	830.00	728.00	510.00	265.00	285.00		4738

**ANEXO 3.** Promedios de número de hojas a los 3 y 5 meses de *Plukenetia volubilis* L.

BLOQUES	DS1 =3x2				DS2 =3x3				PROMEDIO	SUMA
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4		
<b>3 MESES</b>										
I	9	11	13	9	8	14	15	15	11.75	94
II	10	12	14	10	8	12	9	14	11.13	89
III	10	12	14	10	9	16	17	18	13.25	106
<b>PROMEDIO</b>	9.67	11.67	13.67	9.67	8.33	14.00	13.67	15.67	12.04	
<b>SUMA</b>	29.00	35.00	41.00	29.00	25.00	42.00	41.00	47.00		289
<b>5 MESES</b>										
I	23	41	44	52	20	50	30	45	38.13	305
II	27	29	31	64	25	49	42	52	39.88	319
III	26	42	42	42	20	51	54	75	44.00	
<b>PROMEDIO</b>	25.33	37.33	39.00	52.67	21.67	50.00	42.00	57.33		325
<b>SUMA</b>	76.00	112.00	117.00	158.00	65.00	150.00	126.00	172.00		976

**ANEXO 4.** Promedios de número de brotes a los 3 y 5 meses de *Plukenetia volubilis* L.

BLOQUES	DS1 =3x2				DS2 =3x3				PROMEDIO	SUMA
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4		
<b>3 MESES</b>										
I	5	14	14	10	5	13	17	24	12.75	102
II	9	10	6	15	10	14	15	14	11.63	93
III	5	9	9	10	3	9	14	25	10.50	84
<b>PROMEDIO</b>	6.33	11.00	9.67	11.67	6.00	12.00	15.33	21.00	11.63	
<b>SUMA</b>	19.00	33.00	29.00	35.00	18.00	36.00	46.00	63.00		279
<b>5 MESES</b>										
I	9	16	19	22	5	26	26	26	18.63	149
II	11	11	18	19	12	23	23	24	17.63	141
III	5	10	11	14	10	24	24	27	15.63	125
<b>PROMEDIO</b>	8.33	12.33	16.00	18.33	9.00	24.33	24.33	25.67	17.29	
<b>SUMA</b>	25.00	37.00	48.00	55.00	27.00	73.00	73.00	77.00		415

**ANEXO 5.** Promedios de longitud de brotes a los 3 y 5 meses de *Plukenetia volubilis* L.

BLOQUES	DS1 =3x2				DS2 =3x3				PROMEDIO	SUMA
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4		
<b>3 MESES</b>										
I	6	24	25	27	22	24	40	35	25.38	203
II	7	15	27	30	5	15	28	30	19.63	157
III	12	16	20	19	18	45	40	40	26.25	210
<b>PROMEDIO</b>	8.33	18.33	24.00	25.33	15.00	28.00	36.00	35.00	23.75	
<b>SUMA</b>	25.00	55.00	72.00	76.00	45.00	84.00	108.00	105.00		570
<b>5 MESES</b>										
I	124	136	138	141	125	135	135	137	133.88	1071
II	127	127	130	138	117	124	124	125	126.50	1012
III	97	120	122	128	98	132	132	135	120.50	964
<b>PROMEDIO</b>	116.00	127.67	130.00	135.67	113.33	130.33	130.33	132.33	126.96	
<b>SUMA</b>	348.00	383.00	390.00	407.00	340.00	391.00	391.00	397.00		3047

**ANEXO 6.** Promedios de número de frutos de *Plukenetia volubilis* L.

BLOQUES	DS1 =3x2				DS2 =3x3				PROMEDIO	SUMA
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4		
I	39	52	77	92	74	124	140	114	89.00	712
II	48	71	100	109	29	59	108	91	76.88	615
III	41	50	58	43	58	100	118	107	71.88	575
<b>PROMEDIO</b>	42.67	57.67	78.33	81.33	53.67	94.33	122.00	104.00	79.25	
<b>SUMA</b>	128.00	173.00	235.00	244.00	161.00	283.00	366.00	312.00		1902

**ANEXO 7.** Promedios de peso de frutos de *Plukenetia volubilis* L.

BLOQUES	DS1 =3x2				DS2 =3x3				PROMEDIO	SUMA
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4		
I	0.37	0.51	0.86	1.00	0.72	1.30	1.25	1.12	0.89	7.119
II	0.49	0.98	0.77	1.13	0.28	0.60	0.98	0.93	0.77	6.171
III	0.72	0.44	0.55	0.87	0.49	0.95	1.22	1.01	0.78	6.236
<b>PROMEDIO</b>	0.53	0.64	0.73	1.00	0.50	0.95	1.15	1.02	0.81	
<b>SUMA</b>	1.58	1.92	2.18	2.99	1.49	2.85	3.45	3.06		19.53

**ANEXO 8.** Promedios de peso de almendra de *Plukenetia volubilis* L.

BLOQUES	DS1 =3x2				DS2 =3x3				PROMEDIO	SUMA
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4		
I	0.22	0.30	0.37	0.48	0.39	0.70	0.72	0.59	0.47	3.77
II	0.25	0.37	0.40	0.57	0.17	0.33	0.55	0.50	0.39	3.15
III	0.19	0.24	0.30	0.51	0.25	0.49	0.62	0.53	0.39	3.13
<b>PROMEDIO</b>	0.22	0.31	0.36	0.52	0.27	0.51	0.63	0.54	0.42	
<b>SUMA</b>	0.66	0.92	1.07	1.56	0.82	1.52	1.88	1.63		10.06

**ANEXO 9.** Promedios de número de brotes a los 3 y 5 meses de *Erythrina fusca* Lour.

BLOQUES	DS1 =3x2				DS2 =3x3				PROMEDIO	SUMA
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4		
<b>3 MESES</b>										
I	24	12	25	16	17	16	10	16	17.00	136
II	25	16	14	13	15	15	19	11	16.00	128
III	20	15	16	17	15	21	12	18	16.75	134
<b>PROMEDIO</b>	23.00	14.33	18.33	15.33	15.67	17.33	13.67	15.00	16.58	
<b>SUMA</b>	69.00	43.00	55.00	46.00	47.00	52.00	41.00	45.00		398
<b>5 MESES</b>										
I	29	23	30	20	24	18	20	22	23.25	186
II	29	23	19	17	23	19	22	31	22.88	183
III	26	21	23	20	19	23	19	32	22.88	183
<b>PROMEDIO</b>	28.00	22.33	24.00	19.00	22.00	20.00	20.33	28.33	23.00	
<b>SUMA</b>	84.00	67.00	72.00	57.00	66.00	60.00	61.00	85.00		552

**ANEXO 10.** Promedios de número de brotes a los 3 y 5 meses de *Erythrina fusca* Lour.

BLOQUES	DS1 =3x2				DS2 =3x3				PROMEDIO	SUMA
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4		
<b>3 MESES</b>										
I	39	35	33	17	41	32	27	20	30.50	244
II	20	35	38	39	19	39	33	37	32.50	260
III	40	44	37	28	45	41	39	34	38.50	308
<b>PROMEDIO</b>	33.00	38.00	36.00	28.00	35.00	37.33	33.00	30.33	33.83	
<b>SUMA</b>	99.00	114.00	108.00	84.00	105.00	112.00	99.00	91.00		812
<b>5 MESES</b>										
I	143	139	137	121	146	139	141	134	137.50	1100
II	124	139	142	143	138	144	138	140	138.50	1108
III	144	148	141	132	149	148	150	156	146.00	1168
<b>PROMEDIO</b>	137.00	142.00	140.00	132.00	144.33	143.67	143.00	143.33	140.67	
<b>SUMA</b>	411.00	426.00	420.00	396.00	433.00	431.00	429.00	430.00		3376

## ANEXO 11. Análisis de suelo a la pre instalación de la tesis. Abril 2018.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
 Carretera Central Km1.21 - Tingo María - CELULAR 941531359  
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



### ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		JOSUE ALCANTARA BARDALES			PROCEDECENCIA:			CASERIO HUANCARRUMI																		
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA			ANALISIS MECANICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%			
		Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%							%	ppm	ppm	Ca	Mg	K					Na	Al	H
		%	%	%																						
REFERENCIA		%	%	%																						
1	M0587	SUELO SIN FERTILIZACION			46	19	35	Franco	5.13	1.24	0.06	4.96	65.97	---	2.51	0.70	--	--	1.26	0.53	5.00	64.20	35.80	25.20		


MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
 TINGO MARIA, 16 DE ABRIL 2018  
 RECIBO N° 0425142




## ANEXO 12. Análisis de suelo al término de la tesis. Junio 2019.




**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
 Carretera Central Km1.21 - Tingo María - CELULAR 941531359  
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



### ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		JOSUE ALCANTARA BARDALES			PROCEDECENCIA:			CASERIO HUANCARRUMI																		
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA			ANALISIS MECANICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%			
		Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%							%	ppm	ppm	Ca	Mg	K					Na	Al	H
		%	%	%																						
REFERENCIA		%	%	%																						
1	M0689	SUELO CON FERTILIZACION			45.66	19.32	35.02	Franco	5.43	1.67	0.08	7.45	88.96	---	2.79	0.72	--	--	0.88	0.50	4.89	71.76	28.24	18.01		

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
 TINGO MARIA, 28 DE JUNIO 2019  
 RECIBO N° 0582050


**ANEXO 13. Panel fotográfico**

**Figura 01.** Selección del terreno.



**Figura 02.** Limpieza del área de estudio.





**Figura 03.** Traslado de postes templadores de 2.5 m.



**Figura 04.** Templado en tres hileras de alambre Galvanizado N° 14.





**Figura 05.** Hoyado para el trasplante a campo definitivo de la planta de *Plukenetia volubilis* L.



**Figura 06.** Hoyado de 25 x 25 x 30 cm (Largo, ancho y profundidad).



**Figura 07.** Desinfección de semillas de *Plukenetia volubilis* L. a base Homai a una dosis de 3 g/100 g de semillas.



**Figura 08.** Establecimiento de planta de *Plukenetia volubilis* L.





**Figura 09.** Determinación de biometría en las plantas de *Plukenetia volubilis* L. y *Erythrina fusca* Lour.



**Figura 10.** Evaluación del diámetro de hoja con vernier digital.



**Figura 11.** Supervisión del área de estudio por Bloques y Parcelas



**Figura 12.** Supervisión de la ejecución del proyecto de tesis en la localidad de Monzón.





**Figura 13.** Guiado de las plantas de *Plukenetia volubilis* L.



**Figura 14.** Vista panorámica del campo experimental.





**Figura 15.** Disposición de los tratamientos en el experimento.



**Figura 16.** Índices de floración. Octubre del 2018.





**Figura 17.** Índices de fructificación. Diciembre del 2018



**Figura 18.** Prospección de índices de productividad. Enero 2019.





**Figura 19.** Poda de formación del tutor *Erythrina fusca* Lour. Diciembre 2019.



**Figura 20.** Evaluación de parámetros de rendimiento de *Plukenetia volubilis* L.





**Figura 21.** Caracteres botánicos de almendra de *Plukenetia volubilis* L.



**Figura 22.** Disposición de almendras después del pesado en el laboratorio de la UNHEVAL. Marzo del 2019.



**Figura 23.** Disposición de almendras después del pesado en el laboratorio de la UNHEVAL. Marzo del 2019.



**Figura 24.** Porciones de muestreo de almendra según peso de 100 frutos (g).