

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y**

**Ciencias de la Producción**

“Diseño de la valoración proteica de hojas y semillas de *Moringa oleifera*,  
durante su desarrollo vegetativo y almacenamiento”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIEROS EN ALIMENTOS**

Presentado por:

Rolando Javier Cando Cando

Edgar Ramón Intriago Farías

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

Año: 2017

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por cuidarme y darme fuerzas para terminar esta etapa de mi vida. A mis padres y hermanos por su infinito amor.

Rolando Cando

Agradezco a Dios por darme su bendición a diario, protegerme y brindarme la fuerza necesaria para culminar un capítulo más de mi vida. A mi madre por su paciencia y confianza que me ha brindado, más que todo por su apoyo incondicional. A mi tía María haberme acogido en su hogar y tratarme como un hijo durante todo este tiempo. A mi hermana quien siempre está pendiente de mi a pesar de la distancia. A la MS.c. Karín Coello quien nos ha brindado su apoyo para cumplir con nuestro objetivo. A la PhD. María Isabel Jiménez por estar siempre pendiente de nosotros. Y a todas las personas que intervinieron directa e indirectamente para la realización y culminación del presente proyecto.

Edgar Intriago

## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado principalmente a mis padres por creer en mí y ser unos padres ejemplares que me enseñaron a ser perseverante y superar las dificultades de la vida. A mis hermanos por el cariño y apoyo que siempre me brindaron durante los años de estudio.

Rolando Cando

A Dios que me ha permitido llegar hasta este momento tan anhelado. A mi madre por ser la persona que me ha apoyado en todo momento incondicionalmente. A mi tía María, por motivarme a ser mejor y tratarme con un hijo. A mi hermana que siempre ha estado ahí brindándome su apoyo a pesar de la distancia. A mi padre quien no está físicamente ahora, pero de seguro siempre me ha acompañado durante este trayecto. A mis compañeros de proyecto con quienes formamos un buen equipo para lograr nuestra meta.

Edgar Intriago

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

ROLANDO JAVIER CANDO CANDO

EDGAR RAMÓN INTRIAGO FARÍAS

KARÍN ELIZABETH COELLO OJEDA

y el patrimonio intelectual del mismo a la FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



---

ROLANDO CANDO C.



---

EDGAR INTRIAGO F.



---

PROFESOR TUTOR  
PROYECTO INTEGRADOR  
FIMCP  
MSc. KARÍN COELLO O.

## RESUMEN

El árbol *Moringa oleifera* es considerado el árbol de la vida, el seudónimo hace referencia a sus bondades nutritivas y medicinales. Todas las partes de este árbol son comestibles, presentando un importante perfil de proteína, minerales y vitaminas.

En base a lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue diseñar una metodología para el aprovechamiento nutricional de hojas frescas y semillas de *M. oleifera* durante el crecimiento vegetativo y almacenamiento. La metodología del diseño se realizó en dos fases: fase de campo que tuvo como fin evaluar el efecto de la fertilización sobre el valor proteico y crecimiento de las plantas de *M. oleifera*, lo que se logró registrando parámetros de crecimiento hasta 60 días después de la siembra, posteriormente se determinó el contenido proteico de las hojas frescas; y la fase de laboratorio que consistió en el almacenamiento de hojas frescas y semillas en tres diferentes formas de envasado: envase flexible sellado al vacío (EFV), envase flexible sellado normal (EFN) y envase plástico rígido (ER) a temperatura ambiente y de refrigeración, buscando conservar sus características organolépticas y evidenciar si las condiciones de almacenamiento tiene efecto en el peso, porcentaje de germinación y contenido proteico durante 60 días en hojas y 30 días en semillas. Con el fin conocer el efecto en el contenido proteico se eligieron las muestras mejor conservadas, mediante criterios establecidos, a estas se realizó un análisis proteico posterior al almacenamiento y se comparó con análisis realizados antes del almacenamiento. Los resultados indicaron que las plantas de *M. oleifera* con fertilización presentaron mayor desarrollo de altura, diámetro y hojas por plantas, así mismo el contenido proteico de hojas fue superior en 2% a las hojas recolectadas en plantas sin fertilización. En el almacenamiento se comprobó que las hojas conservan mejor sus propiedades organolépticas en EFV y el porcentaje de germinación es superior en ER, ambas a temperatura de refrigeración. En cuanto al contenido proteico, en hojas almacenadas aumento 0,39% y en semillas disminuyó 5,35%. Por último, se realizó el diseño para la valoración proteica en hojas frescas y semillas de *M. oleifera* durante el desarrollo vegetativo y almacenamiento.

**Palabras claves:** *Moringa oleifera*, valoración proteica, almacenamiento, crecimiento vegetativo, fertilización.

## SUMMARY

*The Moringa oleifera tree is considered the tree of life, the pseudonym refers to its nutritional and medicinal benefits. All parts of this tree are edible, presenting an important profile of protein, minerals and vitamins.*

*Based on the above, the objective of this work was to design a methodology for the nutritional utilization of fresh leaves and seeds of M. oleifera during vegetative growth and storage. The design methodology was carried out in two phases: a field phase to evaluate the effect of fertilization on the protein value and growth of M. oleifera plants, which was achieved by recording growth parameters up to 60 days after sowing, the protein content of the fresh leaves was subsequently determined; and the laboratory phase where fresh leaves and seeds were stored in three different types of packaging: vacuum sealed flexible packaging (EFV), normal sealed flexible packaging (EFN) and rigid plastic packaging (ER) at room temperature and refrigeration, in order to preserve its organoleptic characteristics and to show if the storage conditions have effect on the weight, percentage of germination and protein content during 60 days in leaves and 30 days in seeds. To know the effect on the protein content, the samples with better conservation were chosen, according to established criteria. A protein analysis was performed after storage to compare with a previous one. The results indicated that the growth of M. oleifera plants with fertilization showed higher development of height, diameter and leaves per plants also the protein content of leaves was superior in 2% to the leaves harvested in plants without fertilization. In the storage, it was verified that the leaves retain better their organoleptic properties in EFV and the percentage of germination is superior in ER, both at refrigeration temperature. As for the protein content in stored leaves increased 0.39% and in seeds decreased 5.35%. Finally, the design of the protein titration in fresh leaves and seeds of M. oleifera was carried out during vegetative development and storage.*

**Keywords:** *Moringa oleifera*, protein titration, storage, vegetative growth, fertilization.

## INDICE GENERAL

RESUMEN	II
SUMMARY	II
ÍNDICE GENERAL	II
ABREVIATURAS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FOTOS	VIII
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Objetivos	2
1.3. Marco Teórico	3
CAPÍTULO 2	8
2. METODOLOGÍA DEL DISEÑO	8
2.1. FASE CAMPO	8
2.2. FASE DE LABORATORIO	12
2.3. COSTO DEL PROYECTO	17
CAPÍTULO 3	12
3. RESULTADOS	12
3.1. RESULTADOS DE FASE DE CAMPO	12
3.1.1. Parámetros agronómicos de crecimiento de M. oleifera en plantas con y sin fertilizante	12
3.2. RESULTADOS DE FASE DE LABORATORIO	18
CAPÍTULO 4	18
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	18
4.1. CONCLUSIONES	18
4.2. RECOMENDACIONES	28
BIBLIOGRAFÍA	
APENDICE	

## ABREVIATURAS

APG	Angiosperm Phylogeny Group
A	Ambiente
BS	Base Seca
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Mecánica y Ciencias de la Producción
EFV	Envase plástico flexible sellado al vacío
EFN	Envase plástico flexible sellado normal
GEA	Granja Experimental Agrícola
HF	Hojas Frescas
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
PVC	Policloruro de Vinilo
PC	Proteína Cruda
UTM	Universal Transversal Mercator
R	Refrigerado
ER	Envase plástico rígido

## SIMBOLOGÍA

cm	Centímetro
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
P	Fósforo
°C	Grados Celsius
g	Gramo
ha	Hectárea
NaOH	Hidróxido de sodio
HR	Humedad relativa
Kg	Kilogramo
km	Kilómetro
l	Litro
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
mg	Miligramo
mm	Milímetro
N	Nitrógeno
K	Potasio
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sulfato de Potasio
T	Temperatura
tn	Tonelada

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Diseño de la metodología para la valoración proteica de <i>M. oleifera</i> .	7
Figura 2.2. Ubicación del GEA, ESPOL en Ecuador.	8
Figura 2.3. Plano de área de cultivo de la fase de campo.	10
Figura 2.4. Escala de colores de 4 niveles.	16
Figura 3.1. Porcentaje de germinación posterior al almacenamiento.	21
Figura 3.2. Diseño para la valoración proteica de hojas y semillas de <i>M. oleifera</i> durante el desarrollo vegetativo y almacenamiento.	23

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la <i>Moringa oleifera</i> Lam.	3
Tabla 2. Parámetros agronómicos de crecimiento de <i>M. oleifera</i> en plantas con y sin fertilizante.	12
Tabla 3. Valor proteico de hojas frescas de <i>M. oleifera</i> de plantas con y sin fertilización.	12
Tabla 4. Almacenamiento de hojas frescas a temperatura ambiente.	18
Tabla 5. Almacenamiento de hojas frescas a temperatura de refrigeración.	19
Tabla 6. Porcentaje proteico de hojas frescas durante el almacenamiento.	19
Tabla 7. Porcentaje proteico de semillas durante el almacenamiento.	21
Tabla 8. Estimación de costo de fase de campo.	24
Tabla 9. Estimación de costo de almacenamiento de hojas frescas a temperatura de refrigeración por 30 y 60 días en envases plásticos flexibles sellado al vacío.	25
Tabla 10. Estimación de costo de almacenamiento de semillas a temperatura de refrigeración por 30 días en envase plástico rígido.	26

## INDICE DE FOTOS

Foto 1. Hoja de <i>Moringa oleifera</i> .....	4
Foto 2. Fruto y semilla de <i>Moringa oleifera</i> .....	4
Foto 3. Preparación de terreno .....	9
Foto 4. Rotulado de plantas en terreno. ....	9
Foto 5. Siembra de plantas de <i>M. oleifera</i> . ....	9
Foto 6. Control de hormiga arriera. ....	10
Foto 7. Medición de parámetros agronómicos de crecimiento. ....	11
Foto 8. Cuatro puntos cardinales de la copa de la planta. ....	11
Foto 9. Parte media de la copa. ....	11
Foto 10. Sistema de almacenamiento a temperatura de refrigeración.....	12
Foto 11. Sistema de almacenamiento a temperatura ambiente.....	12
Foto 12. Monitoreo de humedad en el sistema de almacenamiento en condiciones ambientales. ....	13
Foto 13. Parte media de la copa de árbol de <i>M. oleifera</i> .....	13
Foto 14. Envasado en plástico rígido. ....	15
Foto 15. Monitoreo de las muestras en el sistema de almacenamiento a temperatura ambiente. ....	15
Foto 16. Semillas germinadas previo al almacenamiento. ....	20
Foto 17. Semillas germinadas posterior al almacenamiento. ....	20

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

*Moringa oleifera*, es uno de los árboles con más utilidad en todo el mundo, es una especie nativa del norte de la India, introducida en la actualidad en zonas tropicales secas a nivel mundial. Es la más conocida de las 14 especies del género *Moringa* (Sánchez-Machado, Núñez-Gastélum, Reyes-Moreno, Ramírez-Wong, & López-Cervantes, 2010). Este árbol es potencialmente comestible del cual se aprovechan todas sus partes (raíz, tallo, hojas, flores, semillas).

Según Booth y Wickens (1988) cada 100 g de hojas frescas (HF) de *M. oleifera* contienen 6,7 g proteínas, 1,7 g grasa, 13,4 g carbohidratos 0,9 g fibra y 2,3 g minerales, entre los que sobresale el Calcio con 440 mg, asimismo, contiene vitaminas entre las que destacan la Vitamina A 11300 mg y Vitamina C 220 mg. En cuanto a las semillas de *M. oleifera* poseen un alto contenido proteico, en promedio 31,4 g, mientras que los carbohidratos, fibra y cenizas son 18,4 g, 7,3 g y 6,2 g en 100 g de base seca (BS). Además, posee un porcentaje del 36,7 % de grasa del cual el 73% lo ocupa el ácido oleico (Folkard, 1996; Leone, Spada, Battezzati, Shiraldi, Aristil & Bertoli., 2016).

En la actualidad no existe datos confirmados sobre los requerimientos nutricionales de *M. oleifera*.

Pero existen estudios que relacionan a la fertilización edáfica en el desarrollo vegetativo con una mayor altura, diámetro de tallo, número de ramas, clorofila, resistencia a enfermedades y sequías; en la etapa reproductiva la fertilización aumenta la producción de flores y frutos con mayor cantidad de semillas y mejores pesos. En cuanto al valor nutritivo, otras investigaciones afirman que existe una relación directa entre la fertilización y el aumento de proteína, aminoácidos y carbohidratos. (Xu, B., Ren, K., Wu, J., Zheng, Y. & Zhang, Y, 2016; Ren, k., Zheng, Y., Wu, J., Peng, X. & Zhang, Y. 2016; Makinde, 2013).

Con respecto al uso de hojas y semillas de *M. oleifera* como materia prima es importante que las condiciones de almacenamiento logren conservar sus propiedades nutricionales y organolépticas. Se ha logrado conservar las hojas frescas mediante la refrigeración y enlatado, por otra parte, en las semillas se reporta que dependiendo de las condiciones de almacenamiento estas pierden su poder germinativo en un tiempo que oscila entre los 180 y 360 días. (Fotouo-M., du Toit, & Robbertse, 2015; Sánchez-Machado et al., 2010).

El presente trabajo pretende aportar al conocimiento del cultivo de *M. oleifera* en el Ecuador y los efectos del almacenamiento en sus hojas y semillas, por lo tanto, se diseñó una metodología para el aprovechamiento nutricional de hojas y semillas de *M. oleifera* durante el crecimiento vegetativo y almacenamiento

## **1.1.Descripción del problema**

El cultivo de *M. oleifera* es relativamente nuevo en el Ecuador y ha generado gran interés en los agricultores nacionales y sociedad en general, por sus múltiples usos y alto contenido de nutrientes. En el país existen escasos estudios que indiquen la influencia de la fertilización edáfica sobre el crecimiento vegetativo y valor proteico en hojas y semillas de *M. oleifera*., debido a la gran variabilidad que presentan estos factores dependiendo del suelo y del clima, y tampoco se evidencian estudios sobre las condiciones de almacenamiento que logren conservar el valor proteico, propiedades físicas y biológicas, porcentaje de germinación en semilla y hojas de *M. oleifera* para su posterior aprovechamiento en la industria alimentaria y agropecuaria. Por lo que existen altos riesgos de pérdidas económicas, bajos rendimientos y pérdida de la calidad nutricional durante el almacenamiento.

## **1.2.Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Diseñar una metodología para el aprovechamiento nutricional de hojas y semillas de *M. oleifera* durante el desarrollo vegetativo y almacenamiento.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Comparar los parámetros de crecimiento de las plantas y el valor proteico de las hojas frescas en respuesta a la fertilización edáfica en *M. oleifera*
- Elegir mediante criterios y restricciones las condiciones de almacenamiento que conservan las hojas frescas y semillas de *M. oleifera* para su posterior aprovechamiento en la alimentación.
- Plantear una metodología para la valoración proteica de hojas frescas y semillas de *M. oleifera*.
- Estimar los costos del proyecto.

### 1.3. Marco Teórico

#### 1.3.1. Identificación taxonómica de *M. oleifera*

La APG III (Angiosperm Phylogeny Group) en el 2009 mostró la clasificación taxonómica para *Moringa oleifera* basada en criterios filogenéticos (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la *Moringa oleifera* Lam.

<b>CLASE</b>	<i>Eudicotyledoneae</i>	Doyle y Hotton, 1991
<b>SUBCLASE</b>	<i>Magnoliidae</i>	Novák ex Takht., 1967
<b>CLADO</b>	<i>Malvidae</i>	W.S. Judd, D.E. Soltis & P.S. Soltis., 2007
<b>ORDEN</b>	<i>Brassicales</i>	Bromhead, 1838
<b>FAMILIA</b>	<i>Moringaceae</i>	Martinov, 1820
<b>GÉNERO</b>	<i>Moringa</i>	Adans., 1763
<b>ESPECIE</b>	<i>Moringa oleifera</i> <i>Lam</i>	Lam, 1785

Fuente: Arias, 2014

#### 1.3.2. La familia Moringaceae y el género Moringa

La familia Moringaceae contiene al género Moringa, ubicándose dentro del orden Brassicales al igual que el rábano y la col, según (Olson, 2011) la familia Caricaceae, es la que presenta un mayor vínculo genético a familia la Moringaceae.

El género Moringa está compuesto por 14 especies, distribuidas desde el noreste y sur de África pasando por el suroeste de Asia hasta las Islas del Océano Índico (Madagascar). Actualmente abundan en toda la región tropical (Olson, n.d.; Sánchez-Machado et al., 2010). La *M. oleifera* Lam. es una de las especies más comunes cultivadas en las zonas cálidas del mundo, su origen se sitúa en los bosques tropicales secos en las tierras bajas del este de Pakistán y el noreste de India (Olson, 2011).

### 1.3.2. Morfología y caracterización agronómica de las hojas de *M. oleifera*



Foto 1. Hoja de *Moringa oleifera*.

Las hojas son compuestas y grandes, dos o tres veces pinnadas y dispuestas en espiral, alcanzan hasta 60 cm de longitud; fraccionadas en folíolos situados sobre un raquis, ovalados de 1 a 2 cm de largo y color verde claro (Foto1). Con pequeñas glándulas de 1 mm de longitud en la yema axilar de cada hoja. (Olson.2011).

Con respecto a su composición nutricional, por cada 100 g de hoja fresca (HF) contiene 6,7 g de proteína cruda (PC) (Toro, Carballo & Rocha), 1,7 g grasa, 13,4 g carbohidratos, 0,9 g fibra y 2,3 g minerales, entre los que sobresale el Calcio con 440 mg, además, contiene vitaminas en la que destacan la Vitamina A 11300 mg y Vitamina C 220 mg. Su producción de materia seca total es alta, de 4,2 a 8,3 tn /ha con cosecha cada 45 días.

### 1.3.3. Morfología y caracterización agronómica de las semillas de *M. oleifera*



Foto 2. Fruto y semilla de *Moringa oleifera*.

El fruto es una cápsula ligera, casi cilíndrica, leñosa y seca, con surcos longitudinales que desarrolladas en totalidad miden entre 10 a 120 cm de largo y de 2 a 2.5 cm de diámetro, al abrirse se divide en tres partes o valvas; las semillas tienen de 1.5 a 3 cm de diámetro con una cáscara de color café oscuro y 3 alas de color beige que facilitan su propagación por el viento en condiciones naturales. Al quitar la cáscara se obtiene el endospermo que es blanquecino y muy oleaginoso (Foto 2) (Olson, 2011).

En las semillas de *M. oleifera* el contenido proteico es en promedio  $31,4 \pm 1,3$  g, aumenta en la torta de la semilla prensada, mientras que los carbohidratos, grasa, fibra y cenizas son  $18,4 \pm 1,4$  g,  $36,7 \pm 2,8$ ,  $7,3 \pm 0,5$  g y  $6,2 \pm 0,9$  g respectivamente, todo lo anterior contenido en 100 g de base seca (BS) (Leone et al., 2016). Además, en la grasa de la semilla el ácido oleico ocupa el 73% de su composición (Folkard, 1996). Dependiendo del almacenamiento las semillas de *M. oleifera* pierden su poder germinativo en un tiempo que oscila entre 180 y 360 días (Fotouo-M. et al., 2015). La germinación se ve influenciada por factores como

tiempo, condiciones de almacenamiento, el sustrato, condiciones de luz y temperatura.

En Brasil detectaron que temperaturas por encima de los 35°C permiten obtener los mayores porcentajes de germinación (99,5%). Respecto al almacenamiento se obtienen mejores resultados, al cabo de un año de recogida, si se usan envases de PVC en cámara fría. Otros factores que se deben considerar son el grado de fertilidad de la semilla, la edad de producción del árbol y la edad de la semilla. Para aumentar el porcentaje de germinación se debe colocar en agua a temperatura ambiente durante 24 horas. En condiciones normales el tiempo de germinación oscila entre cinco y quince días (Arias & Carril, 2014).

#### Características morfológicas del árbol, raíz y flores

Los árboles alcanzan de 7 a 12 m de altura y de 20 a 40 cm de diámetro, aunque existen reportes de la India de diámetros que llegan a 75 cm. Presentan un crecimiento acelerado, que puede alcanzar normalmente 3 m o incluso 5 m en el primer año, debido a que posee un sistema radical profundo, que permite hacer un mayor aprovechamiento de agua y nutrientes. La raíz principal mide varios metros y es carnosa parecida a un rábano, pivotante y globosa lo que le brinda a la planta resistencia a la sequía. Las flores son bisexuales, de color blanco o crema con estambres amarillos. Esta planta puede ser propagada de manera sexual por semilla y asexual por esqueje. Excepto el tallo y ramas gruesas, el resto del árbol, es decir, frutos, semillas, hojas, flores y raíces se consumen como verduras. Pudiendo ser congelados y enlatados (Arias & Carril, 2014; Medina, García, Clavero, & Iglesias, 2007; García, Martínez & Rodriguez, 2013; Ledin & Ledin, 2006; Sánchez-Machado et al., 2010).

#### Condiciones edafoclimáticas de las plantas de *M. oleifera*

La *M. oleifera* se considera una especie con gran adaptabilidad ecológica, debido a que se encuentra ubicada en diferentes altitudes, temperaturas, precipitaciones y condiciones de suelo. Se desarrolla en altitudes que van desde 0 hasta los 1400 m.s.n.m. e incluso llegando 2000 m.s.n.m. El árbol presenta un mejor crecimiento con temperaturas diarias desde los 25-35 °C, pueden crecer a menores temperaturas, pero llegando a los 14 °C deja de florecer y germinar, aunque individuos adultos pueden sobrevivir temperatura de hasta 0 °C por cortos períodos. Por parte de la precipitación puede crecer desde los 500 a 1500 mm/año, en precipitaciones mayores disminuye la fructificación. Prefiere suelo bien drenados, arenoso o franco arenoso. Tolerancia los suelos franco-arcillosos, pero no los arcillosos ni los vertisoles. Se adapta bien a todos los pH de suelo desde los 4,5 y 9,0. Los mejores resultados se obtienen en suelo con pH neutro o

ligeramente ácido. Podría decirse que el único factor que limita el crecimiento en cuanto a suelo es el mal drenaje (Arias & Carril., 2014).

#### **1.3.4. Efecto de la fertilización edáfica sobre *M. oleifera***

A pesar del enorme potencial del cultivo de *M. oleifera*, las informaciones sobre los requerimientos nutricionales de la planta siguen siendo escasos (Makinde, 2013). Sin embargo se conoce que en la etapa vegetativa de la *M. oleifera* la fertilización con nitrógeno (N) influye en la altura, diámetro de tallo, además promueve la producción de la proteína, aminoácido e hidratos de carbono en la hoja; que la fertilización con fósforo (P) influye en la altura, diámetro de tallo y el contenido de clorofila; y la fertilización con potasio (K) influye en el diámetro del tallo y el contenido de clorofila, además, permite soportar mejor la sequía y enfermedades (Xu et al.,2016; Makinde, 2013). En la etapa reproductiva de la *M. oleifera* el número de inflorescencia, número de frutos maduros, calidad y cuajar de frutos, peso de fruto y el número de semillas por fruto se ven influenciados dependiendo de la combinación de las cantidades de NPK (Ren et al., 2016).

Según Ren et al. (2016) dependiendo de la combinación de las concentraciones del N, P y K, existe respuesta a los factores de crecimiento, es decir, una combinación de NPK con una mayor cantidad de N, puede tener efecto en la altura y el diámetro de las plantas y una combinación de NPK con cantidades iguales de los tres nutrientes se favorece al crecimiento del diámetro del tallo y el número de ramas.

La moringa en Ecuador

En el Ecuador, se estima que la *M. oleifera* fue introducida aproximadamente en el 2010, pero de acuerdo con los representantes de la FAO en el país no hay proyecto gubernamentales con *M. oleifera* al momento. Sin embargo, existen empresas privadas como Ecuamoringa, Agrimoringa, Moringallo y Matamoringa que promueven a su cultivo en el país. Una de las primeras en hacerlo fue Ecuamoringa que con la ayuda de la ESPOL montó los primeros sembríos experimentales. Aunque no existen estadísticas oficiales, se estima que en el país existirían cerca de 400 hectáreas de este cultivo.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

La metodología de este diseño se hizo de manera simultánea conformándose dos fases. Una fase de campo y otra de laboratorio (Figura 2.1).

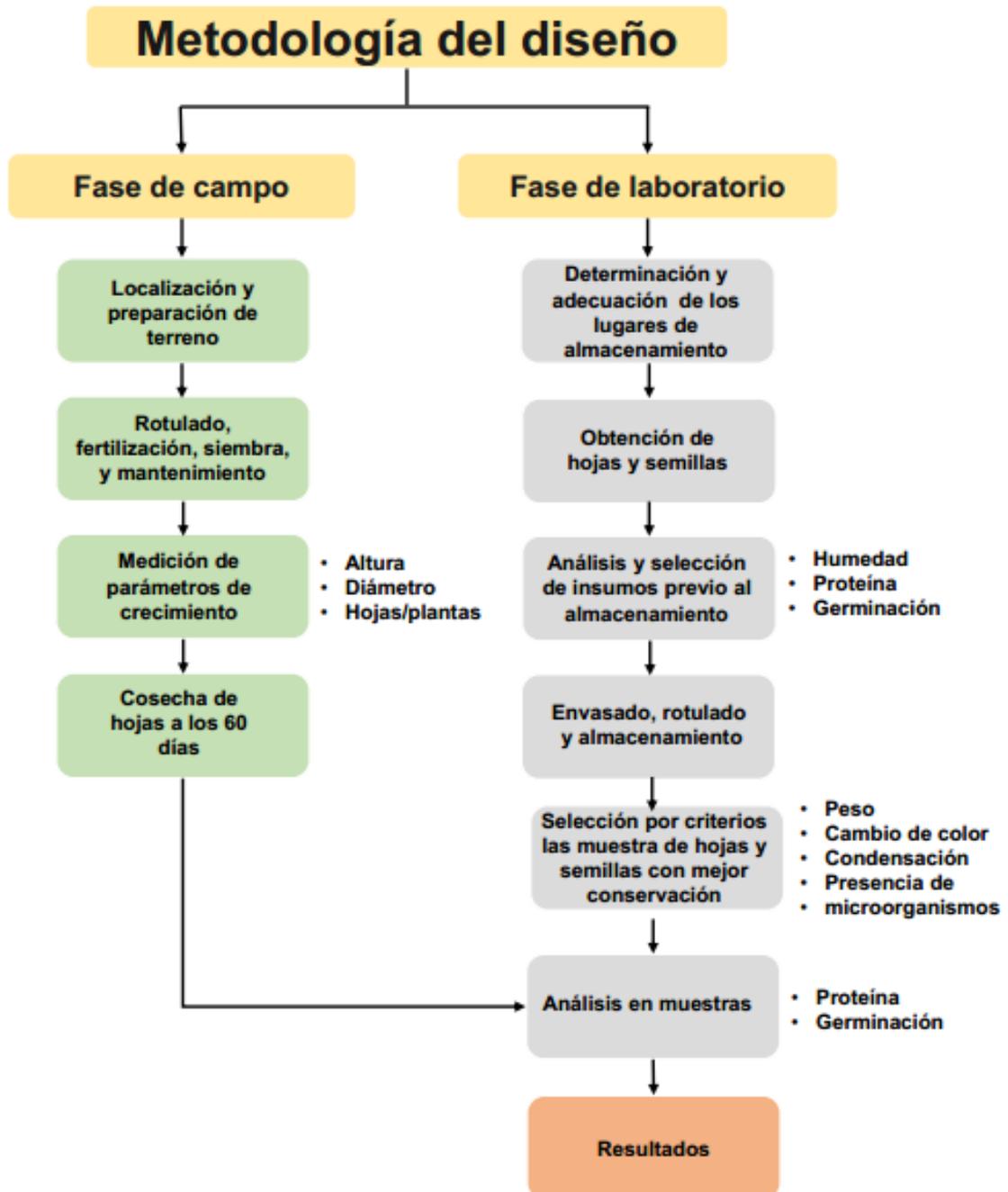


Figura 2.1. Metodología para el diseño de la valoración proteica de *M. oleífera*.  
Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B.,2017.

## 2.1. FASE CAMPO

En esta fase se realizó la medición de los parámetros de crecimiento y el muestreo de las hojas frescas de las plantas con y sin fertilización, con el fin de comparar el crecimiento de las plantas y el valor proteico de las hojas de *M. oleífera* en respuesta a la fertilización.

### 2.1.1. Localización y preparación de terreno

La fase de campo se llevó a cabo en Granja Experimental Agrícola (GEA) durante los meses de mayo a julio del 2017, ubicada en el campus Gustavo Galindo de la ESPOL, Km. 30.5 vía perimetral, cantón Guayaquil, provincia del Guayas. Con coordenadas UTM WSG 84 Zona 17 S X:615338 Y:9763501, a una altura de 70 m.s.n.m, con humedad relativa media de 82,3%, una temperatura promedio anual de 26,3°C y una luminosidad de 99,96 (horas/mes) promedio (Mera & Montaña, 2015). Según Holdridge, esta zona pertenece al Bosque Seco Tropical (Figura 2.2). El sitio seleccionado presenta una superficie con un ligero desnivel, una textura arcillosa y aproximadamente 20 cm de profundidad de suelo.

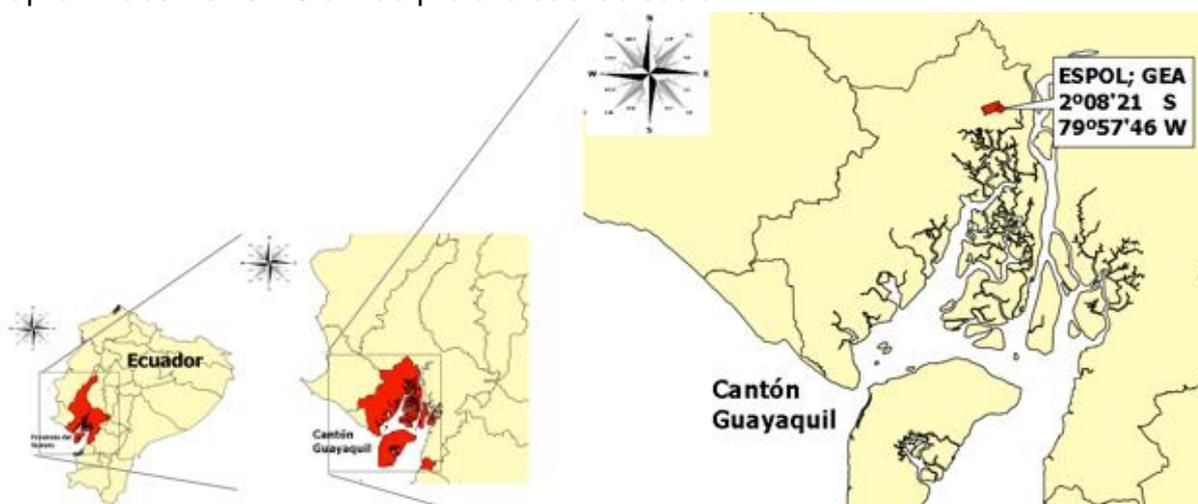


Figura 2.2. Ubicación del GEA, ESPOL en Ecuador.  
Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B., 2017.

Después de localizado el terreno, se preparó un área de 225 m<sup>2</sup> controlando la maleza con la ayuda de una desbrozadora manual (Foto 3) y para la maleza remanente se aplicó dos herbicidas de contacto formulado a base de 2,4 D Dimethylamine Salf 720 g/l y Paraquat Dichloride 240 g/l.

Luego, con la intención de que la plantación produzca hojas y semillas, se balizó el terreno a una distancia de 3 m x 3 m colocando una baliza en cada sitio, posteriormente con ayuda de una hoyadora manual se realizaron los hoyos respectivos a profundidad de 0,20 m.



Foto 3. Preparación de terreno.

### 2.1.2. Rotulado, fertilización, siembra y mantenimiento.

Para el estudio se obtuvo 24 plántulas de *M. oleifera* en el mes de mayo del 2017 con una altura promedio de 19 cm. Antes de la siembra se rotularon los sitios donde se sembraron las plantas con fertilizante y sin fertilizante (Foto 4). El fertilizante inorgánico usado fue Nitrógeno: Fósforo: Potasio (NPK) en proporción de 8:20:20. En el fondo de los hoyos se aplicó 50 gramos de NPK a las plantas que recibieron fertilización (0,055 tn/ha), luego se agregó una capa de tierra para evitar el contacto del fertilizante con las raíces, las otras plantas no recibieron fertilizante. Por último, se procedió a sembrar las plántulas en los hoyos asignados (Foto 5).



Foto 4. Rotulado de plantas en terreno.



Foto 5. Siembra de plantas de *M. oleifera*.

Siete días después de la siembra se detectó el ataque de la hormiga arriera (*Atta spp.* y *acrommymex spa.*), se logró controlar con un insecticida organofosforado en base a Malathion 250 g/l aplicando en el contorno de la planta (Foto 6). A los 20 días después de la siembra se presentaron áfidos en el envés de la hoja y cerca de los ápices laterales en las ramas, se controló con un insecticida formulado a base de imidacloprid. A los 40 días después de la siembra, se realizó una limpieza de maleza en el área de cultivo.



Foto 6. Control de hormiga arriera.

Debido al no prendimiento y ataque de hormiga arriera se redujo el número de plantas de 24 a 14 por lo que el estudio quedo conformado por siete plantas con fertilizante y siete plantas sin fertilizante (Figura 2.3).

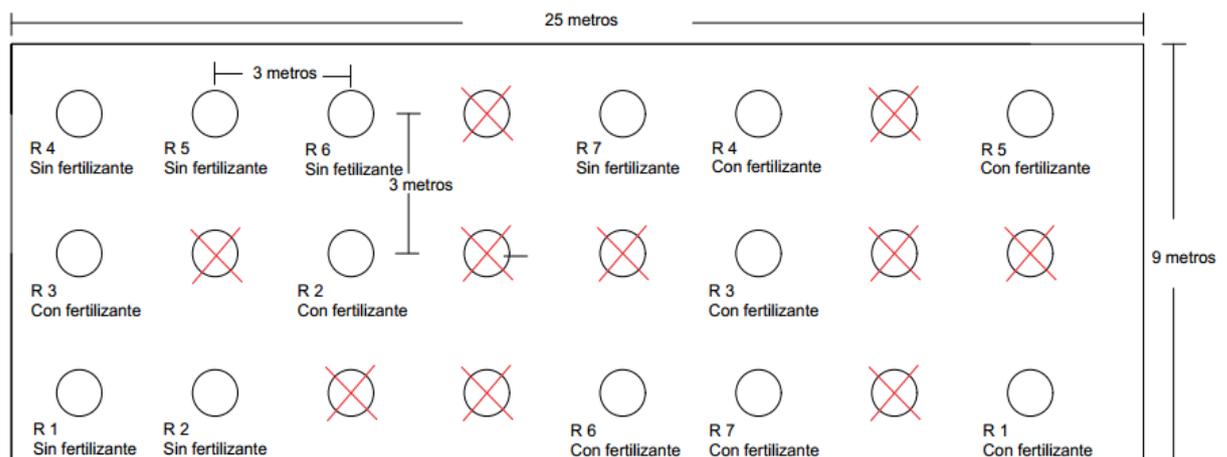


Figura 2.3. Plano de área de cultivo de la fase de campo.  
Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B.,2017.

### 2.1.3. Medición de parámetros de crecimiento

Durante 60 días, se registraron semanalmente los parámetros de crecimiento como altura (en cm con un flexómetro desde el nivel del suelo hasta el meristemo apical), número de hojas por planta (mediante conteo visual) y diámetro del tallo a 10 cm del suelo (en mm con un calibrador de vernier) (Foto 7). Los datos obtenidos se utilizaron para conocer la respuesta de la fertilización sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.



Foto 7. *Medición de parámetros agronómicos de crecimiento.*

#### 2.1.4. Cosecha de hojas

A los 60 días después de la siembra se recolectaron hojas completamente desarrolladas de las plantas con y sin fertilizante de los cuatro puntos cardinales (Foto 8) y de la parte media de la copa, posteriormente protegiéndolas del sol se mezclaron y se transportaron en fundas de papel perforado a temperatura ambiente para realizar un análisis de proteína hacia el laboratorio de bromatología, ubicado en la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) – ESPOL.

Una de las restricciones de esta fase fue la escasa cantidad de hojas que existían en las plantas a los primeros 15 y 30 días, por lo que solo se realizó un análisis a los 60 días.



Foto 8. *Cuatro puntos cardinales de la copa de la planta.*



Foto 9. *Parte media de la copa.*

## 2.2. FASE DE LABORATORIO

En esta fase se determinó, mediante criterios de selección, las condiciones de almacenamiento que conservan mejor las hojas y semillas *de M. oleifera*, a las cuales se realizó un análisis de proteínas y germinación posterior del almacenamiento para comparar estos factores con los resultados de los análisis previos al almacenamiento.

### 2.2.1. Determinación de los lugares de almacenamiento y adecuación de los sistemas.

Para determinar los sitios de almacenamiento de hojas y semillas se buscó una diferencia de temperaturas de al menos 10 ° C entre dos ambientes, lo que se logró al instalar un sistema a temperatura ambiente en el laboratorio de Entomología, y otro sistema a temperatura de refrigeración en el laboratorio de Fitopatología; ubicados en FIMCP.

Luego se procedió a construir dos sistemas cerrados para el almacenamiento de hojas y semillas a temperatura ambiente, compuestos cada uno por una bandeja plástica base que contenía 2 kg de Sulfato de Potasio ( $K_2SO_4$ ) para estabilizar la humedad dentro del sistema, adicionalmente se cubrió con una lámina de cartón perforada para evitar el contacto directo de  $K_2SO_4$  con las muestras y para aislar el sistema se utilizó un cartón de 31X42X56 cm (Foto 10). De igual forma se realizó para el almacenamiento a temperatura de refrigeración excluyendo el cartón, debido a que la refrigeradora es un sistema cerrado (Foto 11). Luego se colocó un termohigrómetro dentro de cada sistema para monitorear la temperatura y humedad durante 5 días hasta estabilizar los parámetros mencionados (Foto 12), finalmente, se procedió a colocar las muestras separando por días de almacenamiento 30 y 60, tanto para hojas y semillas en ambas condiciones de almacenamiento.



Foto 11. Sistema de almacenamiento a temperatura ambiente.



Foto 10. Sistema de almacenamiento a temperatura de refrigeración.



Foto 12. *Monitoreo de humedad en el sistema de almacenamiento en condiciones ambientales.*

### 2.2.2. Recolección de hojas y adquisición de semillas de *M. oleifera*

Las hojas utilizadas para el almacenamiento fueron recolectadas del GEA en ESPOL; provinieron de seis árboles plantados en el mismo lote donde se ubicó la fase de campo, estos tenían aproximadamente un año de ser sembrados sin fertilizaciones anteriores. Las hojas se recolectaron de la mitad de la copa de los árboles (Foto 13). por ser hojas maduras fisiológicamente. Por otra parte, las semillas de *M. oleifera* se adquirieron de dos lugares distintos, dos lotes del recinto El limoncito ubicado en la Provincia del Guayas y un lote del Cantón Puerto Balao, Provincia de Esmeraldas.



Foto 13. *Parte media de la copa de árbol de M. oleifera.*

### **2.2.3. Análisis y selección de insumos previo al almacenamiento.**

Previo al almacenamiento de las hojas y semillas se realizaron análisis de proteína empleando el método Kjeldahl, porcentaje de humedad por el método NTE INEN-ISO 3726:2013 y porcentaje de germinación.

El proceso de la prueba de germinación se realizó en el laboratorio del Innovación y Desarrollo (I+D) de FIMCP y consistió en colocar cuatro réplicas de 25 semillas cada uno, en remojo con agua destilada durante 24 horas, después de efectuar una desinfección mediante el remojo con hipoclorito de sodio al 0.01% durante 10 minutos, a continuación, se procedió a tres lavados con agua destilada y a dispersar las semillas en bandejas con malla, papel filtro y agua destilada. Luego, se colocó estas bandejas en una estufa a 36 °C durante 5 días. Por último, se contó las semillas germinadas y se determinó el porcentaje de germinación.

En esta fase se descartaron los dos primeros lotes de semillas provenientes del recinto el Limoncito debido al bajo poder germinativo, contaminación biológica y envejecimiento que presentaron las muestras.

### **2.2.4. Envasado, rotulado y almacenamiento**

Para realizar el envasado de las muestras de hojas y semillas se pesó 10 g y 40 g respectivamente, con una balanza eléctrica de precisión marca OHAUS modelo Pioneer con un porcentaje de precisión  $\pm 0,001g$ . Las cantidades de hojas y semillas almacenadas para este estudio fueron las cantidades necesarias para realizar los análisis de proteína y germinación, se usó solo una parte de la capacidad de los envases por motivos económicos.

Para evidenciar la influencia del tipo de envasado sobre la germinación y valor proteico en el almacenamiento durante 60 días en hojas y 30 días en semillas, se utilizaron envases plásticos rígidos elaboradas con tereftalato de polietileno y envases plásticos flexibles elaboradas de dos capas, poliamidas y polietileno coextruido con espesor total de 80  $\mu$ , unas selladas al vacío y otras selladas en condiciones normales.

Posteriormente los envases fueron rotulados con códigos dispuestos de la siguiente manera; primero el número, la inicial de la condición de almacenamiento (A) Ambiente y Refrigerado (R), días a los que iban a realizarse el análisis proteico (30,60) y el tipo de envasado EFV, EFN o ER. Ejemplo: 10R30EFV, 5A60ER.



Foto 14. *Envasado en plástico rígido.*

Las muestras etiquetadas y rotuladas tanto hojas y semillas se llevaron a sus respectivos sistemas de almacenamiento asignados, en donde se realizaron monitoreos cada 15 días durante el almacenamiento, registrando sus pesos y sus cambios físicos, químicos y biológicos que existieron durante el almacenamiento.



Foto 15. *Monitoreo de las muestras en el sistema de almacenamiento a temperatura ambiente.*

### **2.2.5. Selección de condiciones de almacenamiento con mejor conservación**

Los criterios para elegir las mejores condiciones para almacenar hojas frescas y semillas fueron: cambios organolépticos como el color; cambios físicos como pérdidas de peso y condensación; porcentaje de germinación; y presencia de hongos. En hojas frescas se realizaron dos análisis proteicos, uno para la muestra que presente mejor conservación a los 30 días y otro a los 60 días, en el caso de semillas sólo se analizó a los 30 días.

La medición de cambio de color en hojas frescas se realizó con ayuda de una escala de colores enumeradas del uno al cuatro (Figura 2.4), que va desde un verde claro

que corresponde al de hojas frescas previo al almacenamiento hasta un verde olivo que indica proceso de descomposición avanzada, el cuál servirá como indicador para desechar las muestras, las escalas dos y tres que son las intermedias indicaran que las muestras pueden seguir almacenadas y ser las elegidas como mejor tratamiento ya que no indican ningún otro cambio aparte del color.

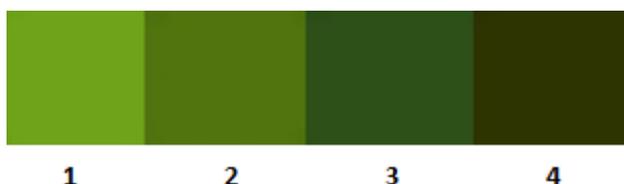


Figura 2.4. Escala de colores de 4 niveles.

Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B.,2017.

La condensación se reportó como ausencia (A) o Presencia (P), en este caso las muestras seguirán siendo almacenadas ya que este cambio no afectaría de forma agresiva a las muestras durante el almacenamiento. Para el criterio presencia de hongos se reportó de igual manera que en condensación a diferencia de que si existía presencia (P) las muestras serian desechadas inmediatamente.

En cuanto a pérdidas de peso y porcentaje de germinación se monitorearon cada 30 días, siendo el porcentaje de germinación en semillas el criterio más relevante para la elección del tratamiento, escogiendo la muestra con mayor porcentaje.

#### **2.2.6. Análisis de muestra con mejor conservación de la fase de laboratorio y de hojas frescas de la fase de campo.**

De acuerdo con los criterios establecidos, se procedió a realizar análisis de proteínas a las muestras que presentaron mejor conservación tanto en hojas como semillas, a las que se realizó las comparaciones previo y posterior al almacenamiento del contenido proteico y germinación.

También, se realizaron los análisis de proteína de las muestras recolectadas a los 60 días después de la siembra en las plantas con y sin fertilización de la fase de campo.

### 2.3. COSTO DEL PROYECTO

La estimación de costos del proyecto contempla la: fase de campo y fase de laboratorio.

Fase de campo: la estimación de los costos fue en relación con el establecimiento y mantenimiento del área de cultivo para 24 plantas de *M. oleífera*, se consideró la adquisición de un terreno de 225 m<sup>2</sup>, el valor de \$ 23 por 8 horas de trabajo de un jornal, además para efectos prácticos se consideró un costo de alquiler para los equipos y los precios de mercados de los insumos utilizados. El cálculo de mantenimiento corresponde a los primeros 60 días de establecido el cultivo de *M. oleífera*.

Fase de laboratorio: la estimación de costos de almacenamiento para esta fase se realizó solo para las condiciones de almacenamiento que mejor conservaron las hojas frescas y semillas.

Para la estimación de costos de almacenamiento de hojas frescas se tomó en cuenta los costos de: recurso humano, equipos, insumos, energía eléctrica y el tipo de empaque que contenía a la muestra, en cuanto los costos de recurso humano se consideró el salario básico de una persona, además se sumó el costo de la energía eléctrica consumida por los equipos como balanza, selladora al vacío, refrigeradora que fueron facilitados por la ESPOL a través de los laboratorios (I+D), Bromatología y Fitopatología de la FIMCP.

Debido a que el almacenamiento de semillas se realizó en condiciones similares a las hojas frescas, los factores para la estimación de costos de almacenamiento de semillas fueron los mismos, difiriendo únicamente en el tipo de muestra y el envase que los contenía.

# CAPITULO 3

## 3. RESULTADOS

### 3.1. RESULTADOS DE FASE DE CAMPO

#### 3.1.1. Parámetros agronómicos de crecimiento de *M. oleifera* en plantas con y sin fertilizante

Las plantas con fertilizante presentaron una altura superior en 21 cm, diámetro del tallo en casi 4 mm y el número de hojas por planta el doble que las plantas sin fertilizante (Tabla 2).

Tabla 2. *Parámetros agronómicos de crecimiento de M. oleifera en plantas con y sin fertilizante.*

Factor	Parámetros de crecimiento		
	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Hojas/ planta
Sin fertilizante	33,25	5,33	28,41
Con fertilizante	54,33	9,14	56,12

Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B.,2017.

#### 3.1.2. Valor proteico de las hojas frescas de *M. oleifera* de plantas con y sin fertilización

En la Tabla 3 se muestra el valor proteico de hojas frescas de *M. oleifera* a los 60 días después de la siembra. Con 12,82 % de PC en HF, las plantas que recibieron fertilización presentaron una mayor cantidad de proteína comparado con los 10,66 % de PC en HF que presentaron las plantas sin fertilización.

Tabla 3. *Valor proteico de hojas frescas de M. oleifera de plantas con y sin fertilización.*

Factor	Proteína (%)
Sin fertilizante	10,66
Con fertilizante	12,82

Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B.,2017.

## 3.2. RESULTADOS DE FASE DE LABORATORIO

### 3.2.1. Almacenamiento de hojas frescas

En la tabla 4 se observó que las hojas frescas almacenadas a temperatura ambiente durante 15 días presentaron cambios de colores a un nivel 4 según las escalas de colores en todos los tipos de envasados, indicando proceso de descomposición, además en los envases rígidos se presentó hongos, por lo que fueron desechadas según los criterios establecidos en la metodología.

Tabla 4. *Almacenamiento de hojas frescas a temperatura ambiente.*

Criterios	Días	Condición de almacenamiento		
		EFV/A	EFN/A	ER/A
Cambio de color según escala del 1-4	15	4	4	4
Condensación	15	A	P	P
Hongos	15	A	A	P

EFV/A: Envases flexibles sellados al vacío temperatura ambiente; EFN/A: Envases flexibles sellada en condiciones normales a temperatura ambiente; ER/A: Envases plásticos rígido a temperatura ambiente. A: ausencia; P: presencia

Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B., 2017.

En la Tabla 5 se puede evidenciar que las hojas se conservaron de mejor forma en envases flexibles sellados al vacío a temperaturas de refrigeración, detectándose a los 45 días cambios de color de 2 a 3 según la escala de colores y manteniéndose así hasta el final del almacenamiento, por lo tanto, estas fueron las muestras escogidas para el análisis proteico a los 30 y 60 días como se indicó en la metodología.

En la misma tabla se puede observar que los envases plásticos rígidos presentaron hongos por lo cual se desecharon a los 15 días y los envases flexibles con sellado normal conservaron bien las hojas frescas durante 45 días, después de este tiempo presentaron condensados y cambios de color al nivel 4 en algunas hojas, por lo que no tuvieron buen aspecto para los 60 días.

Tabla 5. Almacenamiento de hojas frescas a temperatura de refrigeración.

Criterios	Días	Condición de almacenamiento								
		EFV/R				EFN/R				ER/R
		15	30	45	60	15	30	45	60	15
Cambio de color según escala del 1-4		2	2	3	3	2	2	3	4	2
Condensación		A	A	A	A	P	P	P	P	P
Hongos		A	A	A	A	A	A	A	A	P

EFV/R: Envases flexibles sellados al vacío a temperatura de refrigeración; FN/R: Envases flexibles sellados en condiciones normales a temperatura de refrigeración; ER/R: Envases plástico rígido a temperatura de refrigeración; A: ausencia; P: presencia

Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B.,2017.

Las pérdidas de peso en hojas frescas no fueron importantes por lo cual no se tomaron en cuenta para la elección del mejor tratamiento.

### Análisis proteico hojas.

En la Tabla 6 se observa que el porcentaje de proteína en hojas durante el almacenamiento a temperatura de refrigeración en empaques flexibles con sellado al vacío no varió considerablemente comparado al porcentaje de proteína previo al almacenamiento, lo que indica que las hojas almacenadas en estas condiciones pueden ser aprovechadas en la alimentación como conservas.

Tabla 6. Porcentaje proteico de hojas frescas durante el almacenamiento.

Tiempo (días)	Condiciones de almacenamiento	Proteína (%)
0	-	8,19
30	EFV/R	8,02
60	EFV/R	8,58

EFV/R: Envase flexible sellado al vacío a temperatura de refrigeración.

Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B.,2017.

### 3.2.2. Almacenamiento de semillas.

En el tercer lote de semillas obtenidos de la Provincia de Esmeraldas se pudo evidenciar la germinación previo y posterior al almacenamiento de 30 días. Ver foto 16 y 17.

Las semillas de los dos primeros lotes provenientes de la provincia del Guayas no se evidenció la germinación, debido a que se trataba de una semilla almacenada en condiciones inadecuada por parte del proveedor lo que provocó el crecimiento de hongos y otras plagas durante el proceso de germinación.



*Foto 17. Semillas germinadas previo al almacenamiento.*



*Foto 16. Semillas germinadas posterior al almacenamiento.*

Las semillas que presentó un mayor porcentaje de germinación posterior al almacenamiento correspondieron al envase rígido a temperatura de refrigeración con 98,6 % de germinación Ver figura 3.1., por lo cual fue seleccionada para realizar un análisis proteico posterior como se había planteado en la metodología.

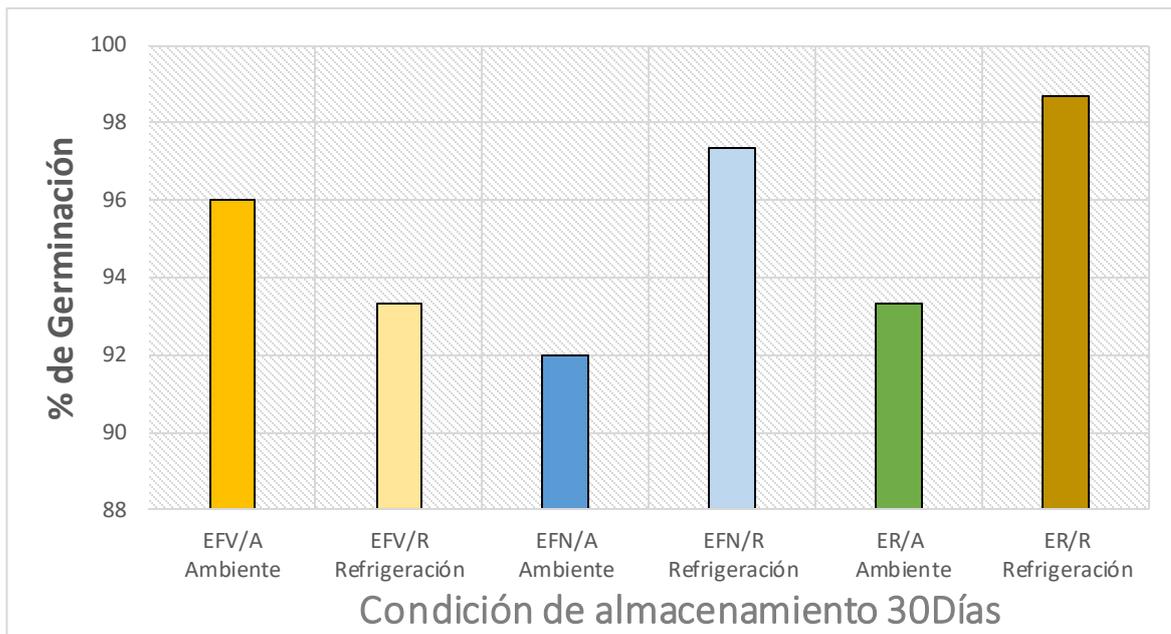


Figura 3.1. Porcentaje de germinación posterior al almacenamiento.  
 EFV/A: Envases flexibles selladas al vacío a temperatura ambiente;  
 EFV/R: Envases flexibles selladas al vacío a temperatura de refrigeración  
 EFN/A: Envases flexibles selladas normal temperatura ambiente;  
 EFN/R: Envases flexibles selladas normal a temperatura de refrigeración;  
 ER/A: Envase plástico rígido a temperatura de refrigeración;  
 ER/R: Envase plástico rígido a temperatura ambiente

Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B.,2017.

### Análisis proteico semillas

En la Tabla 7 se demuestra que el porcentaje de proteína de semillas durante 30 días de almacenamiento en envase rígido a temperatura de refrigeración no varía significativamente con respecto al porcentaje de proteína previo al almacenamiento, volviéndola un alimento con potencial por su alto contenido proteico.

Tabla 7. Porcentaje proteico de semillas durante el almacenamiento.

Tiempo (días)	Condiciones de almacenamiento	Proteína (%)
0	-	36,45
30	ER/R	31,1

ER/R: Envase plástico rígido a temperatura de refrigeración.

Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B.,2017.

### **3.3. Diseño para la valoración proteica de hojas y semillas de *M. oleifera* durante el desarrollo vegetativo y almacenamiento.**

Dado los resultados expuestos en este trabajo en la Figura 3.2 se muestra el diseño que permita a los productores de *M. oleifera* valorar el contenido proteico de sus hojas y semillas durante el desarrollo vegetativo y almacenamiento. El diseño consta de dos fases:

Fase de campo: en esta fase se muestra los pasos para obtener hojas frescas de *M. oleifera*. El primer paso consiste en verificar si el área asignada cumple con los requerimientos edafoclimáticas para el cultivo de *M. oleifera*. En el paso dos se realiza la preparación de suelo necesaria, para el establecimiento del cultivo y un análisis de suelo para conocer la fertilidad del mismo. En el paso tres se escoge las distancias de siembra, dependiendo de objetivo del cultivo, es decir, si es para producir hojas o semillas o las dos al mismo tiempo, y se realiza las fertilizaciones edáficas para corregir las deficiencias de nutrientes según el análisis de suelo. En el cuarto y último paso de esta fase, se cosecha las hojas a partir de 60 días y se transportan bajo techo y durante un corto período de tiempo, para conservar la turgencia en las hojas frescas, hasta ser ingresadas al laboratorio, en donde comienza la segunda fase.

Fase de laboratorio: en esta fase se evalúa, almacena y conserva el valor proteico de hojas y semillas de *M. oleifera*. El primer paso consiste en realizar un análisis de los insumos para la selección, considerando los siguientes criterios: valor proteico y porcentaje de germinación. El paso dos se almacena las hojas frescas bajo condiciones de sellado al vacío en envases plásticos flexibles y a temperatura de refrigeración hasta por 60 días, y las semillas bajo condiciones de envases plásticos rígidos y temperatura de refrigeración durante 30 días. En el tercer y último paso del diseño se realiza un análisis posterior al almacenamiento para comprobar las conservaciones de hojas y semillas por medio de un análisis de proteína y de germinación.

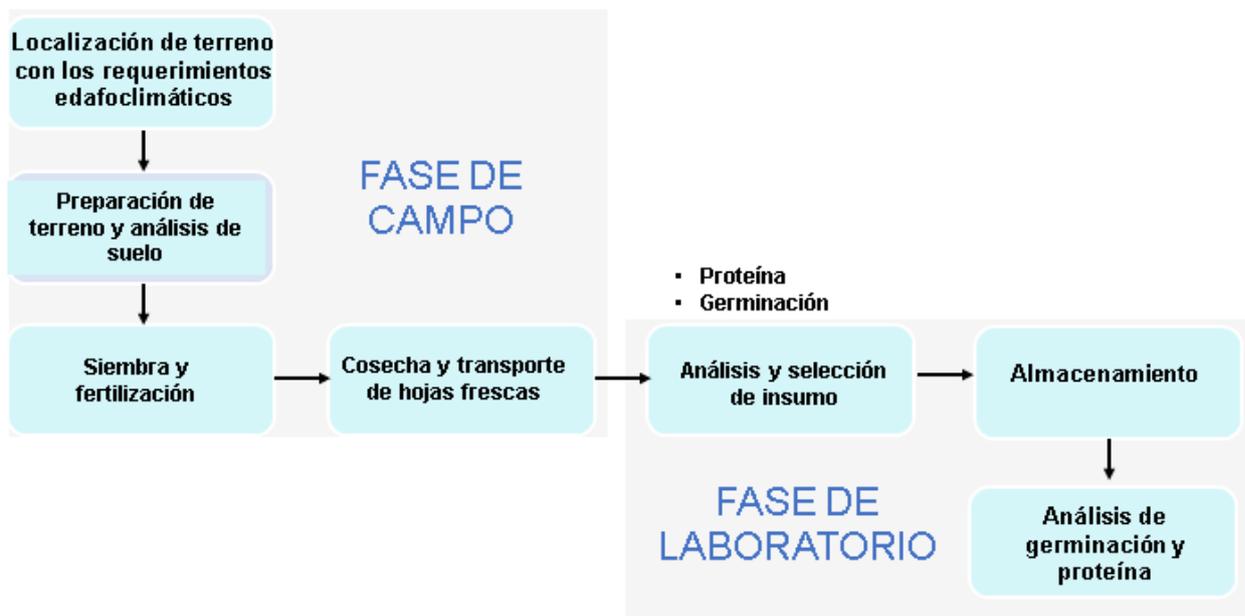


Figura 3.2. Diseño para la valoración proteica de hojas frescas y semillas de *M. oleifera* durante el desarrollo vegetativo y almacenamiento.

Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B.,2017.

### 3.4. COSTOS

En la Tabla 8, se muestra los costos de la fase de campo para un área de 225 m<sup>2</sup> donde caben 25 plantas de *M. oleifera* sembradas a 3 m x 3 m. Este costo podría disminuir conforme aumente el área de cultivo.

Tabla 8. *Estimación de costo de fase de campo.*

Rubro	Unidad de medida	Cantidad	Cantidad proyecto	Costo Unitario (USD \$)	Costo total por proyecto(USD\$/ha)
<b>ESTABLECIMIENTO</b>					
a) Mano de obra					
Socola	Jornal	1,00	8 h	23	23,00
Apilamiento de maleza y desperdicio	Jornal	0,25	2 h	23	5,75
Control de maleza químico (Pre-seimbra)	Jornal	0,38	3 h	23	8,63
Señalamiento (balizada)	Jornal	0,63	5 h	23	14,38
Hoyado	Jornal	0,63	5 h	23	14,38
Distribución de plantas en terreno	Jornal	0,06	0,5 h	23	1,44
Aplicación de fertilizante	Jornal	0,06	0,5 h	23	1,44
Plantación	Jornal	0,50	4 h	23	11,50
Combate de plaga	Jornal	0,50	4 h	23	11,50
b) Insumo					
Costo de terreno	ha	0,02	225 m <sup>2</sup>	5000	112,50
Adquisición de planta	Planta	24,00	24 plta	1,5	36,00
Adquisición de fertilizante NPK (8:20:20)	50 Kg	0,01	600 g	25	0,30
Adquisición de herbicida (Devastador)	lt	0,07	73,6 ml	5,5	0,40
Transporte de plantas, fertilizante, herbicida	Flete	1,00	1	25	25,00
Baliza o estaquilla	Baliza	24,00	24 sitios	0,04	0,96
c) Materiales y herramientas					
Alquiler motoguadaña	8 horas	0,50	4 h	25	12,5
Alquiler de mochila de fumigar	8 horas	0,38	3 h	15	5,63
d) Asistencia técnica					
Técnico	ha	-	-	-	0
Administrador	ha	-	-	-	0
<b>SUBTOTAL DE ESTABLECIMIENTO</b>				<b>\$</b>	<b>285,29</b>
<b>MANTENIMIENTO</b>					
a) Mano de obra					
Combate plaga	Jornal	0,25	2 h	23	5,75
Roce o limpieza	Jornal	0,50	4 h	23	11,5
b) Insumos					
Adquisición de insecticida (Malathion)	250 g	0,50	125 g	3,5	1,75
Adquisición de insecticida (Codifor 350 SC)	100 ml	0,25	25 ml	18,6	4,65
Transporte de insecticida	Flete	1,00	1	25	25,00
c) Materiales y herramientas					
Alquiler de mochila de fumigar	8 horas	0,19	1,5 h	23	4,31
<b>SUBTOTAL DEL MANTENIMIENTO</b>				<b>\$</b>	<b>52,96</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>\$</b>	<b>338,25</b>

Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B., 2017.

En Tabla 9 se muestra los costos de las condiciones que mejor conservaron hojas frescas de *M. oleifera* durante 30 y 60 días. En este proyecto se utilizó solo 10 g de hojas fresca por envases plásticos flexibles, pero los envases empleados para este tipo de almacenamiento tienen la capacidad para almacenar una cantidad de 100 g de hojas frescas, pudiendo aumentar la eficiencia del proceso y disminuir los costos.

Tabla 9. *Estimación de costo de almacenamiento de hojas frescas a temperatura de refrigeración por 30 y 60 días en envases plásticos flexibles sellado al vacío.*

Insumos	Días de almacenamiento		30 días		60 días		
	Unidad	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total	Cantidad	Costo Total	
a. Insumo							
Sulfato de potasio	Kg	3,26	2	6,52	2	6,52	
Funda extruido nylon 80 u	Unidad	0,06003	3	0,18	3	0,18	
Hoja fresca	Kg	2,5	0,03	0,08	0,03	0,08	
Alquiler de bandeja plástica	Mes	0,3	1	0,30	2	0,60	
b. Proceso envasado							
Técnico de pesado y envasado	Hora	6,2	0,5	3,10	0,5	3,10	
Técnico para sellado	Hora	6,2	0,3	1,86	0,3	1,86	
Alquiler de balanza	Unidad	0,003	3	0,01	3	0,0102	
Alquiler de selladora al vacío	Unidad	0,005	3	0,02	3	0,02	
c. Almacenamiento							
Alquiler de Termo-higrómetro	Mes	3	1	3,00	2	6,00	
Alquiler mensual de refrigeradora	Mes	25	1	25,00	2	50,00	
d. Eléctrico							
		Consumo l \$ KW/h	Hora				
Balanza		0,004	0,09	0,5	0,00	0,5	0,00
Selladora al vacío		0,041	0,09	0,3	0,00	0,3	0,00
Mes de consumo de refrigeradora		1,000	9,28	1 Mes	9,28	2	18,55
Costo de almacenamiento refrigerado \$				49,34	86,91		

Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B.,2017.

En Tabla 10 se muestra los costos de las condiciones que mejor conservaron semillas de *M. oleifera* durante 30 días. En este proyecto se utilizó solo 40 g de semillas por envases plástico rígido, pero los envases empleados para este tipo de almacenamiento tienen la capacidad para almacenar una cantidad de 120 g de semillas, pudiendo aumentar la eficiencia del proceso y disminuir los costos.

Tabla 10. *Estimación de costo de almacenamiento de semillas a temperatura de refrigeración por 30 días en envase plástico rígido.*

Insumos	Unidad	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
a. Insumo				
Sulfato de potasio	Kg	3,26	0,1	0,33
Tarrina plastica	Unidad	0,11	3	0,33
Semilla	Kg	60	0,12	7,20
Alquiler de bandeja plástica	Mes	0,3	1	0,30
b. Proceso envasado				
Técnico de pesado y envasado	Hora	6,2	0,15	0,93
Alquiler de balanza	Unidad	0,003	3	0,01
c. Almacenamiento				
Alquiler de Termo-higrómetro	Mes	3	1	3,00
Alquiler mensual de refrigeradora	Mes	25	1	25,00
d. Eléctrico				
		Consumo \$ KW/h	Hora	
Balanza		0,004	0,09	0,15
Mes de consumo de refrigeradora		1,000	9,28	1 Mes
Costo de almacenamiento refrigerado \$				39,17

Realizado por: Cando R., Intriago E, Matute B.,2017.

# CAPITULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- Las plantas con fertilización presentaron mayor altura, diámetro de tallo, número de hojas por planta que las plantas sin fertilización, por parte del valor proteico en las hojas de plantas con fertilización también fue superior.
- Las hojas frescas almacenadas durante 60 días a temperatura de refrigeración en envases plásticos flexibles selladas al vacío fueron las muestras que presentaron mejores condiciones de almacenamiento, en cuanto a semillas se presentó mayor porcentaje de germinación en el envase plástico rígido sometido a refrigeración.
- El contenido proteico en hojas frescas aumentó en un porcentaje del 4,7 % durante 60 días de almacenamiento, mientras que en semillas se redujo en un porcentaje del 14,6% aproximadamente durante 30 días.
- El mayor costo de este proyecto estuvo en el establecimiento y mantenimiento de las 24 plantas de *M. oleifera*. Por parte de las condiciones de almacenamiento que presentaron mejor conservación en este estudio, el almacenamiento de hojas frescas es más costoso que almacenar semillas a la misma temperatura, este incremento es debido a que las hojas frescas necesitan ser selladas al vacío.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Evitar análisis de proteína en hojas frescas de plantas *M. oleifera* en los primeros 30 días de sembrada, debido a escasa cantidad de hojas que presentan.
- Para un correcto manejo del suelo, previo a la fertilización se recomienda realizar un análisis de suelo.
- Durante el establecimiento de un cultivo de *M. oleifera* es importante monitorear diariamente el cultivo para observar si existe ataque de hormiga arriera y tomar las respectivas medidas de inmediato, todo esto con el fin de aumentar el número de plantas prendidas.
- Es necesario buscar proveedores certificados de semillas de *Moringa oleifera*, debido a la importancia de una materia prima de calidad en caso de que se vaya a utilizar para procesos posteriores de la industria alimentaria o agropecuaria lo cual evitaría pérdidas tanto económicas como humana en caso de consumir semillas contaminadas.
- Es recomendable perforar los envases flexibles con sellado normal para que no existan condensados dentro que puedan alterar las propiedades de las hojas frescas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arias, C., & Carril, A. Á. G. E. P.-U. (2014). Estudio de las posibles zonas de introducción de *Moringa oleifera*. *Universidad Politécnica De Madrid Escuela Universitaria De Ingeniería Técnica Forestal Estudio*, 2(3), 119–145. Retrieved from [http://oa.upm.es/23094/1/PFCARIAS\\_SABIN.pdf](http://oa.upm.es/23094/1/PFCARIAS_SABIN.pdf)
- Booth, F. E. M., & Wickens, G. E. (1988). *Non-timber Uses of Selected Arid Zone Trees and Shrubs in Africa*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Folkard, G. (1996). *Moringa oleifera* un árbol con enormes potencialidades. *Ariadne*, 8(3), 5–8.
- Fotouo, M., H., du Toit, E. S., & Robbertse, P. J. (2015). Germination and ultrastructural studies of seeds produced by a fast-growing, drought-resistant tree: Implications for its domestication and seed storage. *AoB PLANTS*, 7(1), 1–12. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv016>
- Iglesias, W. & Ortega, M. E. (2016). Evaluación de producción primaria de la *Moringa oleifera* Lamark en la estación experimental "Mutile". *Investigación y Saberes*, vol V No. 2 (2016): 84-91 <http://utelvt.edu.ec/ojs/index.php/is/article/viewFile/154/109>
- Ledin, S. & Ledin, I. (2006). Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in Nicaragua, 231–242. <https://doi.org/10.1007/s10457-005-8847-y>
- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., & Bertoli, S. (2016). *Moringa oleifera* seeds and oil: Characteristics and uses for human health. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(12), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ijms17122141>
- López-Cervantes, J. (2010). Nutritional quality of edible parts of *Moringa oleifera*. *Food Analytical Methods*, 3(3), 175–180. <https://doi.org/10.1007/s12161-009-9106-z>
- Makinde, A. I. (2013). Effects of Inorganic Fertilizer on the Growth and Nutrient Composition of *Moringa oleifera*, Federal College of Agriculture. Ibadan, Nigeria. Retrieved from <http://jeteas.scholarlinkresearch.com/articles/Effects%20of%20Inorganic%20Fertilizer.pdf>
- Medina, M. G., García, D. E., Clavero, T., & Iglesias, J. M. (2007). Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical*, 25(2), 83–93. Retrieved from

<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-35148829892&partnerID=tZOtx3y1>

Olson, M. E. (n.d.). MORINGACEAE Martinov · Drumstick Tree Family, 167–169.

Olson, M. E. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas  
*Moringa oleifera*: a multipurpose tree for the dry tropics, 1071–1082.

Ren, k., Zheng, Y., Wu, J., Peng, X. & Zhang, Y. (2016). nfluence of formula fertilization on the growth and early fruiting yiels of *Moringa oleifera*. Forest research 29(6):820-825. Retrieved from [http://www.lykxyj.com/ch/reader/create\\_pdf.aspx?file\\_no=20160604&flag=1&journal\\_id=lykxyj&year\\_id=2016](http://www.lykxyj.com/ch/reader/create_pdf.aspx?file_no=20160604&flag=1&journal_id=lykxyj&year_id=2016)

Sánchez-Machado, D. I., Núñez-Gastélum, J. A., Reyes-Moreno, C., Ramírez-Wong, B., &

Witt, K. (2013). The Nutrient Content of *Moringa oleifera* Leaves. *Echo*, Research Note No. 1. Retrieved from <http://miracletrees.org/moringa-doc/nutrient-content-of-moringa-oleifera-leaves.pdf>

Xu, B., Ren, K., Wu, J., Zheng, Y. & Zhang, Y. (2016). Effect of formulated fertilization of nitrogenous, phosphate, and pptash on growth and leaf physiological reactions of *Moringa oleifera*. Forest research 29(3), 418-423. Retrieved from [http://www.lykxyj.com/ch/reader/create\\_pdf.aspx?file\\_no=20160317&flag=1&journal\\_id=lykxyj&year\\_id=2016](http://www.lykxyj.com/ch/reader/create_pdf.aspx?file_no=20160317&flag=1&journal_id=lykxyj&year_id=2016)

## APENDICE

### Cálculo de porcentaje de proteína en hojas y semillas

Los cálculos en hojas y semillas del porcentaje proteico se obtuvieron mediante la siguiente formula:

$$P = (1.40)(F) \frac{(V_1 N_1 - V_2 N_2) - (V_3 N_1 - V_4 N_2)}{m}$$

Donde:

P = contenido de proteínas, en porcentaje de masa.

V<sub>1</sub> = volumen de la solución 0.1N de Ácido Sulfúrico, empleado para recoger el destilado de la muestra, en cm<sup>3</sup>.

N<sub>1</sub> = normalidad de la solución de Ácido Sulfúrico.

V<sub>2</sub> = volumen de la solución 0.1N de Hidróxido de Sodio, empleado en la titulación, en cm<sup>3</sup>.

N<sub>2</sub> = normalidad de la solución de Hidróxido de Sodio.

V<sub>3</sub> = volumen de la solución 0.1N de ácido sulfúrico, empleado para recoger el destilado del ensayo en blanco, en cm<sup>3</sup>.

V<sub>4</sub> = volumen de la solución 0.1N de hidróxido de sodio, empleado en la titulación del ensayo en blanco, cm<sup>3</sup>.

m = masa de la muestra, en g.

F = factor para convertir el contenido de nitrógeno a proteínas: harinas (5.7), leche (6.38), carne (6.25).

Porcentaje proteico en hojas frescas a los 30 días de almacenamiento

V<sub>1</sub> = 50 ml

V<sub>2</sub> = 28.4 ml

V<sub>3</sub> = 50 ml

V<sub>4</sub> = 46.2 ml

N<sub>1</sub> = 0.0925N

N<sub>2</sub> = 0.097N

$$P_1 = (1.40)(6.25) \frac{(50 \cdot 0.0925 - 27.1 \cdot 0.097) - (50 \cdot 0.0925 - 46.2 \cdot 0.097)}{2.015} = 8.04$$

$$P_2 = (1.40)(6.25) \frac{(50 \cdot 0.0925 - 27.3 \cdot 0.097) - (50 \cdot 0.0925 - 46.2 \cdot 0.097)}{2.001} = 8.01$$

$$P3 = (1.40)(6.25) \frac{(50*0.0925-45.7*0.097)-(50*0.0925-46.2*0.097)}{2.0059} = 0.212$$

X= 8, 02

Porcentaje proteico en semillas antes del almacenamiento

V1= 50 ml

V2= 28.4 ml

V3= 50 ml

V4= 46.2 ml

N1= 0.0925N

N2= 0.097N

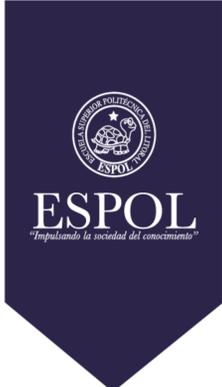
$$P1 = (1.40)(6.25) \frac{(100*0.0925-9.1*0.097)-(50*0.0925-46.2*0.097)}{2.0032} = 35.921$$

$$P2 = (1.40)(6.25) \frac{(100*0.0925-7,9*0.097)-(50*0.0925-46.2*0.097)}{2.0024} = 36.444$$

$$P3 = (1.40)(6.25) \frac{(50*0.0925-28.4*0.097)-(50*0.0925-46.2*0.097)}{2.0011} = 37.062$$

X= 36,47

# “DISEÑO DE LA VALORACIÓN PROTEICA DE HOJAS Y SEMILLAS DE *Moringa oleifera*, DURANTE SU DESARROLLO VEGETATIVO Y ALMACENAMIENTO”



**Rolando Cando**  
rcando@espol.e  
@UNACCP



**Edgar Intriago**  
edgraint@espol.e  
@UNACCP



**Bryan Matute**  
bryromat@espol.e  
@UNACCP

En el presente trabajo se diseñó una metodología para la valoración proteica de hojas y semillas de *Moringa*, durante el crecimiento vegetativo y almacenamiento. Para el diseño se evaluó la influencia de la fertilización sobre el crecimiento de la planta y el contenido proteico de sus hojas; además, se almacenaron las hojas y semillas en seis condiciones diferentes, considerando tipos de envases y temperaturas como factores diferenciales, con el fin de conocer la influencia del almacenamiento en la conservación de las muestras. Los resultados mostraron que la fertilización estimula al crecimiento y aumenta la proteína en hojas y para el almacenamiento de hojas presentaron mejor conservación en envase flexible al vacío (EFV), en el caso de semillas fue en envase rígido (ER), ambas a temperatura de refrigeración (R).

## METODOLOGÍA

### Metodología del diseño

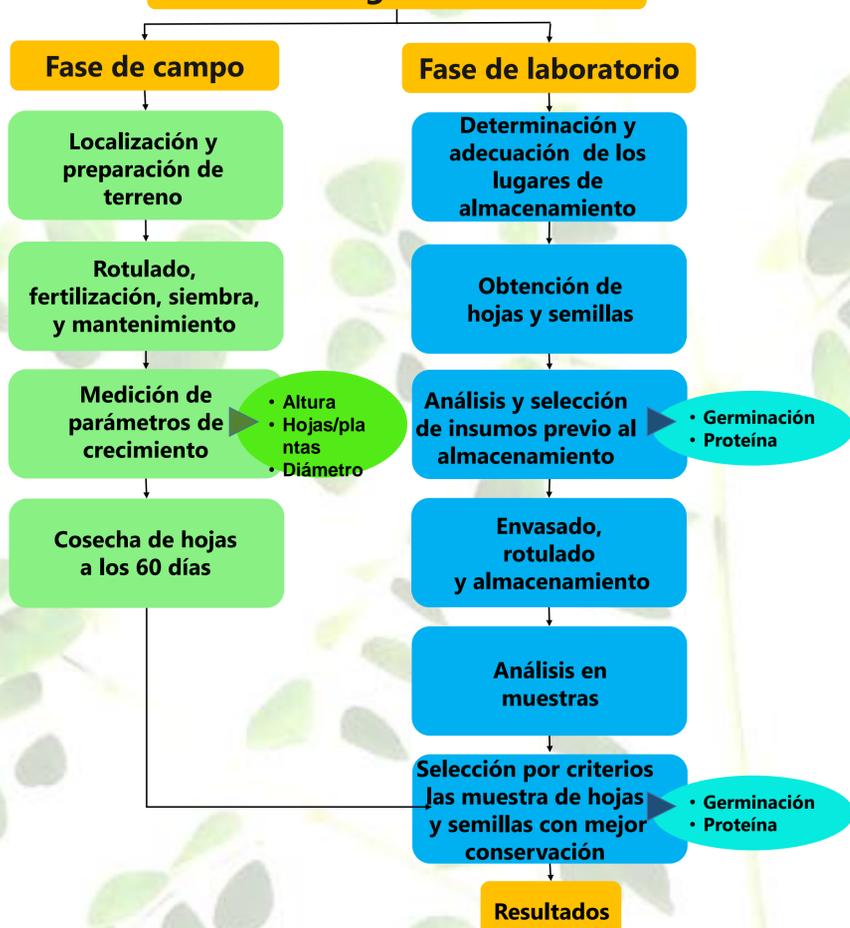


Gráfico 2. Porcentaje de germinación en semillas a los 30 días.

Insumo	Tiempo (días)	Condiciones de almacenamiento	Proteína (%)
Hojas	0	-	8,19
	60	EFV/R	8,58
Semillas	0	-	36,45
	30	ER/R	31,1

Tabla 2. Porcentaje proteico de hojas frescas y semillas de *Moringa* durante el almacenamiento (g/100 g de hoja fresca).

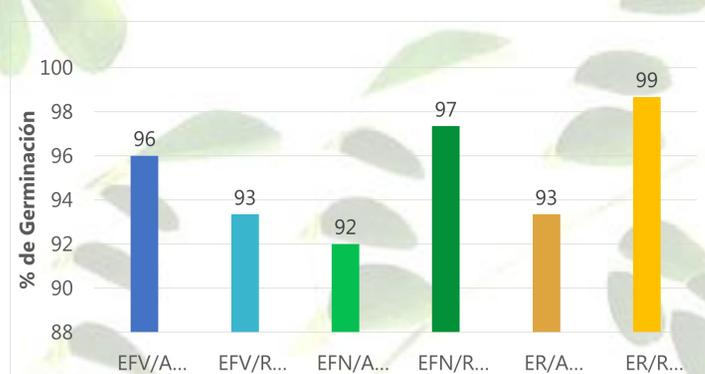


Gráfico 3. Diseño para la valoración proteica de hojas frescas y semillas de *Moringa* durante el desarrollo vegetativo y almacenamiento.



Criterios para la selección de muestras almacenadas



## RESULTADOS

Gráfico 1. Parámetros agronómicos de crecimiento.

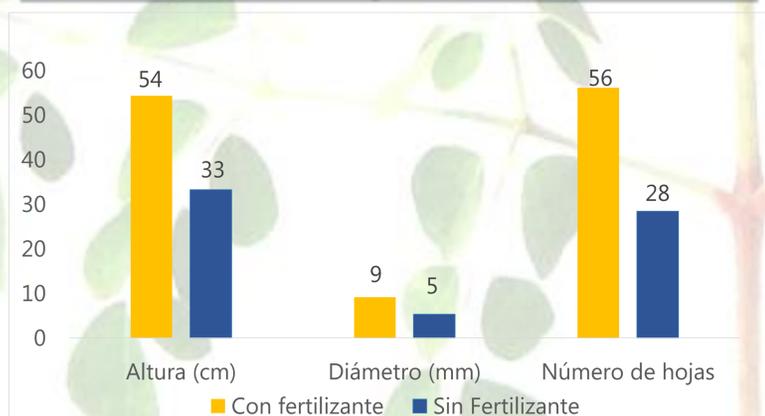


Tabla 1. Valor proteico de hojas frescas de *Moringa* de plantas con y sin fertilización (g/100 g de hoja fresca).

Factor	Proteína (%)
Sin fertilizante	10,66
Con fertilizante	12,82

## CONCLUSIONES

- Las plantas con fertilización presentaron mayor desarrollo de parámetros de crecimiento que las plantas sin fertilización, así mismo hubo un aumento del valor proteico en sus hojas.
- La mejor conservación en hojas se logró en envases plásticos flexibles selladas al vacío y para semillas fue en envases plásticos rígidos, ambos almacenados a temperatura de refrigeración.
- El contenido proteico en hojas frescas aumentó y en semillas se redujo durante el almacenamiento.
- El almacenamiento de hojas frescas es más costoso que el de semillas a la misma temperatura debido a que las hojas frescas necesitan ser selladas al vacío.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arias, C., & Carril, A. Á. G. E. P.-U. (2014). Estudio de las posibles zonas de introducción de *Moringa oleifera*. *Universidad Politécnica De Madrid Escuela Universitaria De Ingeniería Técnica Forestal Estudio*, 2(3), 119–145. Retrieved from [http://oa.upm.es/23094/1/PFCARIAS\\_SABIN.pdf](http://oa.upm.es/23094/1/PFCARIAS_SABIN.pdf)
- Ledin, S. & Ledin, I. (2006). Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in Nicaragua, 231–242. <https://doi.org/10.1007/s10457-005-8847-y>
- Olson, M. E. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas *Moringa oleifera*: a multipurpose tree for the dry tropics, 1071–1082.