

**EVALUACIÓN DE LA ECOFISIOLOGÍA DE LA SEMILLA Y EL DESEMPEÑO
FUNCIONAL A NIVEL DE PLÁNTULAS DE *Moringa oleifera* BAJO AMBIENTES
CONTROLADOS DE GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO.**

PAOLA ANDREA PAVA MEZA

**Trabajo de grado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero
Forestal**

**DIRECTOR
OMAR AURELIO MELO CRUZ
I.F. M.Sc. Ph.D**

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA
FACULTAD DE INGENIERÍA FORESTAL
INGENIERÍA FORESTAL
IBAGUÉ-TOLIMA**

COMITÉ DE INVESTIGACIONES				
ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO				
(Acuerdo Consejo de Facultad Ingeniería Forestal 355 de 2013)				
TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO Evaluación de la Ecofisiología de la Semilla y el Desempeño Funcional A Nivel De Plántulas de Moringa Oleifera Bajo Ambientes Controlados de Germinación y Crecimiento				
NOMBRE DEL (LOS) ESTUDIANTE(S): Paola Andrea Pava Meza				
DIRECTOR Omar Aurelio Melo Cruz				
NOMBRE Y NIVEL DE FORMACIÓN JURADO 1 Ingeniera Ana Milena López Aguirre				
CALIFICACIÓN JURADO 1	Informe Escrito (85%)	4,25	Sustentación (35%)	4,20
NOMBRE Y NIVEL DE FORMACIÓN JURADO 2 Ingeniero Rafael Vargas Rios				
CALIFICACIÓN JURADO 2	Informe Escrito (85%)	5,0	Sustentación (35%)	4,65
CALIFICACIÓN PONDERADA	Jurado 1	4,2	Jurado 2	4,9
CALIFICACIÓN FINAL	4,5	Reprobado		Aprobado
Sobresaliente		Meritorio	X	Laureado
RANGOS DE EQUIVALENCIA: Calificación menor de tres cero (3.0) Calificación entre tres cero (3.0) y tres nueve (3.9) Calificación entre cuatro cero (4.0) y cuatro cuatro (4.4) Calificación entre cuatro cinco (4.5) y cuatro nueve (4.9) Calificación de cinco cero (5.0)				
		REPROBADO	APROBADO	
			SOBRESALIENTE	
			MERITORIO	
			LAUREADO	
OBSERVACIONES Acta provisional en espera del original, enviado por correo				
FIRMAS				
NOMBRE Y FIRMA JURADO 1		NOMBRE Y FIRMA JURADO 2		
		 RAFAEL VARGAS RIOS		
 COORDINADOR INVESTIGACIONES				
CUIDAD: Ibagué		FECHA DE SUSTENTACIÓN: 31/08/2016		

"Nunca te es concedido un deseo sin que te sea concedida también la facultad de hacerlo realidad. Sin embargo, es posible que tengas que luchar por él".

-Richard Bach.

A mi Familia

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es el resultado del esfuerzo en conjunto, de esta manera me complace darles mi más sinceras gratitudes, principalmente a la Universidad del Tolima y a la Facultad de Ingeniería Forestal por haberme acogido en su alma mater, dotándome de aprendizaje y por formarme como profesional, para así poder contribuir con el desarrollo integral y sostenible del sector forestal de nuestro país.

A mi director de tesis, ingeniero Omar Aurelio Melo Cruz, mi más amplio agradecimiento por haber confiado este trabajo, por su paciencia ante mi inconsistencia, por su valiosa dirección y apoyo para culminar este camino.

De manera muy especial agradecer al personal del laboratorio de Ciencias Forestales, por su apoyo, sus grandiosas e innovadoras ideas hicieron que este trabajo se desarrolle de una manera más práctica.

A mi Familia, infinitud de gratitudes, por brindarme ese apoyo incondicional que solo ustedes saben dar, por soportarme y por brindarme todo su amor, sin ustedes no hubiera podido aventurarme con confianza en el mundo y lograr a cumplir uno de mis objetivos.

A mis pocos pero valiosos amigos que sin su apoyo permanente y la necesidad incalculable y repetida de llegar a la meta, hicieron que este día se hiciera un poco más corto de lo esperado.

¡Para todos ustedes, todo mi respeto, gratitud y admiración!

CONTENIDO

INTRODUCCION	11
1. OBJETIVOS	13
1.1. OBJETIVO GENERAL	13
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
2. MARCO TEORICO	14
2.1. GERMINACION	14
2.2. FACTORES INTERNOS QUE AFECTAN LA GERMINACIÓN	15
2.2.1 Viabilidad	15
2.2.2. Madures	15
2.3. FACTORES EXTERNOS QUE AFECTAN LA GERMINACIÓN	16
2.3.1 Agua	16
2.3.2. Temperatura	16
2.3.3. Luz	17
2.3.4. Gases	17
2.4. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LAS PLANTAS	18
2.5. FOTOSINTESIS Y FIJACION DE FOTOASIMILADOS	19
2.6. ESPECIE OBJETO DE ESTUDIO " <i>Moringa oleifera</i> "	20
2.6.1. Descripción	20
2.5.2. Distribución	20
2.5.3. Importancia	21
3. METODOLOGÍA	22
3.1. AREA DE ESTUDIO	22
3.2. CARACTERES QUE DEFINEN LA ECOFISIOLOGIA DE LA GERMIANCION	23
3.2.1. Potencial germinativo (G%)	27
3.2.2. Índice de velocidad de germinación (IVG)	27

3.2.3. Índice de germinación (IG)	27
3.2.4. Germinación Media (G50)	28
3.3. PARÁMETROS QUE DEFINEN LA FUNCIONALIDAD DEL CRECIMIENTO DE LAS PLÁNTULAS	28
3.3.1. Tasa de crecimiento relativo (RGR)	29
3.3.2. La razón de área foliar (LAR)	29
3.3.3. El área específica foliar (SLA)	30
3.3.4. La proporción de hoja (LMF)	30
3.3.5. La tasa de asimilación neta (NAR)	30
3.3.6. La proporción de raíz (RMF)	30
3.3.7. Contenido de materia seca (DM)	30
3.4. DETERMINACION DE LA DISTRIBUCIÓN DIFERENCIAL DE FOTOASIMILADOS	30
3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS	31
4. RESULTADOS Y ANALISIS	34
4.1. CARACTERES QUE DEFINEN LA ECOFISIOLOGIA DE LA GERMIANCIÓN	34
4.1.1. Potencial germinativo	34
4.1.2. Índice de velocidad de germinación	36
4.1.3. Índice de germinación.	37
4.1.4 Germinación media (G50).	39
4.2. PARÁMETROS QUE DEFINEN LA FUNCIONALIDAD DEL CRECIMIENTO DE LAS PLÁNTULAS	41
4.3. DISTRIBUCIÓN DIFERENCIAL DE FOTOASIMILADOS	46
5. CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. . Ambientes de crecimiento para determinar los caracteres que definen la ecofisiología de la germinación, bajo condiciones controladas de laboratorio..... 24

Tabla 2. Definición de variables para la evaluación del efecto del tamaño de la semilla sobre la germinación, la funcionalidad, la morfología, competencia y acumulación de biomasa en plántulas de *M. oleifera*..... 32

Tabla 3. Germinación media de semillas de *M. oleifera*, sometidas a ocho tratamientos, variando la temperatura, la humedad relativa y la intensidad lumínica en tres tamaños de semilla..... 40

Tabla 4. Componentes fisiológicos y morfológicos del crecimiento en plántulas de *M. oleifera* que se desarrollan a partir de tres tamaños de semilla. Las diferencias estadísticas al $\alpha = 0,05$ están representadas por letras diferentes. LA: área foliar (cm^2). SLA: área foliar específica ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$). LMF: proporción de hoja ($\text{g}.\text{g}^{-1}$). SMF: proporción de tallo ($\text{g}.\text{g}^{-1}$). RMF: proporción de raíz ($\text{g}.\text{g}^{-1}$). S/R: relación tallo raíz ($\text{g}.\text{g}^{-1}$). NAR: tasa de asimilación neta ($\text{g}.\text{cm}^{-2}.\text{g}^{-1}$). RGR: tasa de crecimiento relativo ($\text{g}.\text{g}^{-1}.\text{d}^{-1}$)..... 42

Tabla 5. Valores promedios, error estándar y significancia, para los componentes de la biomasa en plántulas de *M. oleifera* que se desarrollan a partir de la germinación de tres tamaños de semilla. Las diferencias estadísticas al $\alpha = 0,05$ están representadas por letras diferentes. S-DW: Biomasa del fuste (g). R-DW: biomasa de la raíz (g). L-DW: biomasa foliar (g). T-DW: biomasa total (g)..... 46

Tabla 6. Modelos de Biomasa total y biomasa por componentes en función de edad (días) de las plantas de *M. oleifera* germinadas a partir de tres tamaños de semilla... 50

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Evolución de la tasa de absorción de agua durante diferentes fases de germinación del embrión.15
- Figura 2.** Ubicación y Comportamiento de la precipitación (mm) y la temperatura (°C) para del área de estudio.....23
- Figura 3.** . Establecimiento del experimento para determinar los caracteres que definen la ecofisiología de la germinación. A. Rango de clasificación de las semillas. B. Distribución y acondicionamiento de las semillas..... 25
- Figura 4.** Ensayo de germinación, periodo de incubación de las semillas *M. oleifera*. A. Acondicionamiento del experimento. B. Monitoreo de las semillas. C. Activación y desarrollo del embrión..... 26
- Figura 5.** Establecimiento del experimento de crecimiento de *M. oleifera*. A. Activación del embrión. B. Acondicionamiento de la semilla. C. Emergencia de la plántula..... ..28
- Figura 6.** Procedimiento a nivel de laboratorio, para determinación de materia seca en individuos juveniles de *M. oleifera*. A. Disposición en bandejas del material vegetal. B. Material vegetal en el horno de secado.31
- Figura 7.** Porcentaje de germinación de semillas de *M. oleifera*, bajo ocho tratamientos, variando la temperatura, la humedad relativa y la intensidad lumínica..... 34
- Figura 8.** Porcentaje de germinación de semillas de *M. oleifera*, clasificadas de acuerdo al diámetro en tres tamaños (grande, mediano y pequeño).35

Figura 9. Índice de velocidad de germinación de semillas de *M. oleifera*, bajo ocho tratamientos, variando la temperatura, la humedad relativa y la intensidad lumínica... 36

Figura 10. Índice de velocidad de germinación de semillas de *M. oleifera*, bajo ocho tratamientos, variando la temperatura, la humedad relativa y la intensidad lumínica... 37

Figura 11. Índice de germinación de semillas de *M. oleifera*, bajo ocho tratamientos, variando la temperatura, la humedad relativa y la intensidad lumínica.....38

Figura 12. Índice de germinación de semillas de *M. oleifera*, bajo ocho tratamientos, variando la temperatura, la humedad relativa y la intensidad lumínica.....39

Figura 13. Tendencias de los componentes morfológicos del crecimiento en plántulas de *M. oleifera* que se desarrollan bajo tres tamaños de semillas. LA: área foliar (cm²). SLA: área foliar específica (cm².g⁻¹). LMF: proporción de hoja (g.g⁻¹). SMF: proporción de tallo (g.g⁻¹). RMF: proporción de raíz (g.g⁻¹). S/R: relación tallo raíz (g.g⁻¹).....44

Figura 14. Tendencias de la tasa de asimilación neta (NAR) y de la tasa decrecimiento relativo (RGR), en plántulas de *M. oleifera*, que se desarrollan a partir de la germinación de tres tamaños de semilla.....45

Figura 15. Comportamiento promedio temporal de biomasa total y biomasa por componentes en función de edad (días) de las plantas de *M. oleifera* germinadas a partir de tres tamaños de semilla. A. Biomasa de tallo (S-DW). B. Biomasa de tallo (R-DW). C. Biomasa foliar (L-DW). D. Biomasa total (T-DW).....48

Figura 16. Distribución diferencial de los componentes de la biomasa total (T-DW), para un periodo de crecimiento de 60 días, en plántulas de *M. oleifera* que se desarrollan a partir de tres tamaños de semilla..... 49