

Calidad morfológica en plántulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) producidas en sustratos compuestos de suelo y estiércol animal

Guillermo, Romero-Marcano¹; Ramón, Silva-Acuña^{2*}; Iván José, Maza³

Resumen

Con el objetivo de evaluar la calidad morfológica de plántulas de moringa producidas en sustratos compuestos por suelo de textura areno francosa y estiércol seco y tamizado de bovino, ovino, porcino, equino, cunícola, pollinaza y gallinaza, mezclados en proporción 2:1 (v/v), respectivamente, y previamente caracterizados física y químicamente; se condujo un experimento en casa de cultivo, en el diseño de bloques al azar con siete tratamientos, tres repeticiones, 18 plántulas por unidad experimental y cuatro plántulas útiles. Se cuantificó el índice de velocidad y el porcentaje total de emergencia (IVE y PE respectivamente), la evolución del índice de esbeltez e índice de esbeltez final en las plántulas y otros índices de calidad correspondiente a biomasa fresca aérea y radicular a los 42 días después de la siembra. Las variables cuantificadas fueron procesadas por prueba de Friedman y análisis de varianza y comparadas mediante suma de rangos y contrastes ortogonales al 5% de significancia. Tanto para el IVE como para el PE, los sustratos a base de estiércol porcino, equino y bovino presentaron los valores más elevados, mientras los sustratos con pollinaza y gallinaza no resultaron adecuados. Las curvas evolutivas del índice de esbeltez en los sustratos con estiércol porcino y cunícola mantuvieron ritmo de crecimiento aéreo sostenido. El sustrato suelo - estiércol porcino resultó la mejor opción para la crianza de moringa en condiciones de vivero. El índice de Dickson, permitió indicar calidad para las plántulas de moringa en condiciones de vivero.

Palabras clave: Sustratos orgánicos, emergencia e índices de calidad

Morphological quality in moringa (*Moringa oleifera* Lam.) Seedlings produced in substrates composed of soil and animal manure

Abstract

In order to evaluate the morphological quality of moringa seedlings produced on substrates composed of loamy sand textured soil and dry and sieved bovine, ovine, porcine, equine, rabbit, chickens and poultry manure, mixed in proportion 2: 1 (v/v), respectively, and previously characterized physically and chemically; an experiment was conducted in the grow house, in the design of randomized blocks with seven treatments, three repetitions, 18 seedlings per experimental unit and four useful seedlings. The speed index and the total percentage of emergence (IVE and PE respectively), the evolution of the slenderness index and final slenderness index in the seedlings and other quality indexes corresponding to fresh aerial and root biomass were quantified 42 days after sowing. The quantified variables were processed by Friedman test and analysis of variance and compared by sum of ranges and orthogonal contrasts at 5% significance. For both EVI and SP, substrates based on pig, horse and cattle manure showed the highest values, while substrates with chickens and poultry manure were not suitable. The evolutionary curves of the slenderness index for substrates with pig and rabbit manure maintained a sustained air growth rate. The soil-pig manure substrate was the best option for raising moringa in nursery conditions. Dickson's index indicated quality for moringa seedlings in nursery conditions.

Keywords: Organic substrates, emergency and quality indices.

Recibido: 14 de febrero de 2020

Aceptado: 28 de julio de 2020

¹ Ingeniero en producción animal; Docente de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Campus Los Guaritos, Venezuela; guillermo.ro80@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7324-4354>

² PhD. Docente del Postgrado de Agricultura Tropical; Universidad de Oriente, Campus Juanico, Maturín, Venezuela; dramonsilvaa@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1235-9283>

³ Doctor en Ciencias Agrícolas; Docente del Postgrado de Agricultura Tropical, Universidad de Oriente, Campus Juanico, Maturín, Venezuela; imaza.udomonagas@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9539-6364>

*Autor para correspondencia: dramonsilvaa@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Catalogado como “El árbol milagroso”, la moringa resulta un cultivo muy atractivo, se caracteriza por presentar alto contenido de proteína en sus hojas, ser fuente valiosa de vitamina A y calcio, posee propiedades antimicrobianas e incluso potencialidades en la prevención y tratamiento del cáncer; además, es señalado para el control del colesterol y glucosa sanguínea (Olson y Fahey, 2011) con propiedades terapéuticas para tratar asma, epilepsia, enfermedades visuales y cutáneas, así como también fiebre y hemorroides (Sanjay y Dwivedy, 2015). Entre sus bondades industriales, resalta el tratamiento de aguas turbias (Lijesh y Malhotra, 2016) y la producción de biodiesel (Mofijur *et al.*, 2014).

Para el establecimiento de plantaciones de moringa, se requiere la producción de plántulas en condiciones de vivero y es de particular importancia su calidad. El término calidad de plántula fue definido por Thompson (1985) como el mejor balance de crecimiento entre el tallo y la raíz, relacionado con mayor supervivencia post trasplante; otros autores la definen como, la capacidad de adaptación y desarrollo de las plantas a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de siembra, influenciada por las

características del germoplasma y de las técnicas de reproducción en vivero (Valenzuela *et al.*, 2005; García, 2006; Prieto *et al.*, 2009).

La calidad de la planta suele ser relativa y depende del tipo de variable utilizada en su determinación, existen cuatro tipos de calidades: Calidad genética, biológica, fisiológica, y morfológica; siendo esta última entendida como la respuesta fisiológica de la plántula a condiciones agroclimáticas y de manejo (Serrada *et al.*, 2005). Para determinar la calidad morfológica, se utilizan variables cuantitativas y cualitativas. Entre las cuantitativas se pueden mencionar la altura, diámetro de tallo, número de hojas, biomasa aérea y radicular, forma y desarrollo radicular y consistencia del pilón (Quiroz *et al.*, 2001); para las cualitativas se considera el aspecto y desarrollo de la plántula, entre otras la capacidad de colonización del pilón, presencia o ausencia de raíz principal, cantidad de raíces secundarias y raíces suculentas y color de las raíces (Domínguez *et al.*, 2001).

La interpretación de las variables puede resultar difícil y en ocasiones engañosa, por ello se han desarrollado diferentes índices (Dickson *et al.*, 1960; Thompson, 1985) para evaluar calidad de plántula (Cuadro 1) permitiendo estándares de producción en vivero de acuerdo a la especie (Quiroz *et al.*, 2001).

Cuadro 1. Índices morfológicos de calidad de plántulas en vivero

Índice	Objetivo	Ecuación	Interpretación de la calidad
Esbeltez ¹	Prever la supervivencia y crecimiento post trasplante	$IE = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}}$	Las menores dimensiones son las adecuadas
Relación Pa/Pr ¹	Predecir la supervivencia post trasplante	$PAR = \frac{\text{Masa aérea (g)}}{\text{Masa radicular (g)}}$	
Índice de Dickson (QI) ²	Diferenciar plantas aptas para siembra	$ICD = \frac{\text{Masa total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Masa aérea (g)}}{\text{Masa radicular (g)}}}$	Magnitudes cercanas a la unidad son las deseables
Lignificación (IL) ³	Determina el porcentaje de lignificación	$IL = \left[\frac{\text{Masa seca total (g)}}{\text{Masa húmeda total (g)}} \right] 100$	Valores altos son los recomendados

¹Birchler *et al.* (1998); ²Dickson *et al.* (1960); ³Muñoz *et al.* (2014).

Entre las particularidades de estos cuatro índices morfológicos, destacan:

- **Índice de esbeltez:** indicador de la resistencia de la planta y relacionado con las variables, desecación por el viento, supervivencia y crecimiento potencial en sitios secos. El valor calculado debe ser

menor a seis, y el menor valor indica que se trata de arbolitos más bajos y gruesos, aptos para sitios con limitación de humedad; mientras que, valores superiores a seis presentan predisposición a daños por viento, sequía y helada (Rodríguez, 2008).

- **Relación parte aérea / parte radicular**

(Pa/Pr): Esta proporción representa una adecuada relación entre las masas secas aérea y radicular, que debe fluctuar entre 1,5 y 2,5; valores mayores indican desproporción entre masas y describen un sistema radicular insuficiente para suministrar nutrimentos a la parte aérea de la plántula (Morales, 2018).

- **Índice de Dickson (QI):** Dickson *et al.* (1960), proponen una relación basada en otros índices; este valor permite obtener un coeficiente de calidad específico para cada situación, que revela mejores evidencias de las diferencias biométricas entre plántulas de una muestra y predice su comportamiento post trasplante. El coeficiente se interpreta de la siguiente manera, mientras más elevado sea su valor en una planta o muestra de ellas, mejor es la calidad, con respecto a las otras (Rodríguez, 2008).
- **Índice de lignificación:** El crecimiento es considerado “el incremento irreversible de materia seca o volumen, como función del genotipo y el complejo ambiental” (Krug, 1997), por ello, el valor porcentual de lignificación se utiliza como indicador de la calidad y potencial de la plántula para sobrevivir en campo. Su valor representa la proporción de materia seca desarrollada, al señalar el grado de lignificación o endurecimiento de las estructuras morfológicas (Sáenz *et al.*, 2010).

Las diferencias de un vivero a otro, en términos de calidad morfológica o fisiológica de las plántulas, se fundamentan de acuerdo al objetivo de producción, experiencia e insumos disponibles. Entre los factores de manejo vinculados a la calidad de plántula se indican, tamaño del contenedor, densidad de siembra, técnica de trasplante, tipo de sustrato, riego, fertilización, inoculantes, temperatura, luz, manejo de la raíz; además, se agregan, los cuidados fitosanitarios, el apropiado endurecimiento (Rodríguez, 2008) y el germoplasma (Rojas, 2002).

El éxito en la producción de plántulas depende del sustrato (Ruano, 2003), siendo la mezcla cuidadosamente elegida, para repercutir positivamente en el porcentaje y velocidad de emergencia (Aparicio *et al.*, 1999); de manera similar,

influencia la biomasa aérea de la planta (Arteaga *et al.*, 2003) determinando su calidad (Arteaga *et al.*, 2003 y Valenzuela *et al.*, 2005). Por otro lado, se considera sustrato a todo material sólido, natural, sintético o residual, mineral u orgánico, distinto del suelo *in situ*, que permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando papel de soporte para la planta (Terés, 2001) y al mismo tiempo interviene en la nutrición de la misma (Quiroz *et al.*, 2009).

La FAO (2002) establece algunas características ideales para el sustrato: 1-elevada capacidad de retención de agua y de fácil disponibilidad (20-30%); 2-elevada aireación (20-30%); 3-baja densidad aparente $0,22 \text{ (g.cm}^3\text{)}^{-1}$, elevada porosidad (85%), baja salinidad (2 mS.cm^{-1}), elevada capacidad tampón (pH de 5,5 a 6,5), lenta descomposición, estructuralmente estable, reproducible, disponible y manejable, así como de menor costo.

La materia orgánica es uno de los componentes fundamentales de los sustratos, cuya finalidad básica es aumentar la capacidad de retención de agua y nutrimentos para las plantas, es por ello, que el estiércol de bovinos y de otros animales son muy utilizados como fuente orgánica en la composición de los sustratos para diversos tipos de cultivo (Dos Santos *et al.*, 2014). Los subproductos pecuarios poseen propiedades favorables para ser incorporados al sustrato agrícola, por su riqueza en materia orgánica, nutrimentos esenciales (NPK) y, en oligoelementos, involucrados en diversos procesos fisiológicos; así como también por sus tenores de agua y presencia de microorganismos benéficos (Soto, 2003).

En sistemas de producción animal, los excrementos sólidos y semisólidos denominados estiércoles, corresponden a mezclas de orina, heces y alimento desperdiciado. La composición física y química del estiércol difiere entre granjas, en función de la especie producida, su alimentación y las condiciones particulares de producción y procesamiento del estiércol (Dao y Cavigelli, 2003).

La composición media nutrimental de los estiércoles más utilizados en agricultura se presenta en el Cuadro 2., el estiércol porcino y la gallinaza destacan como materiales ricos en nutrimentos de fácil liberación, entre los menos nutritivos se ubican los estiércoles de bovino y equino, fuertemente condicionados por su alta relación C/N (Romero, 1997).

Cuadro 2. Contenido total de nutrimentos en algunos estiércoles de origen animal

Variable	Tipos de estiércol						
	Bovino	Ovino	Porcino	Equino	Cunícola	Pollinaza	Gallinaza
Humedad (%)	36	18	20	25	72	29	30
pH	8	7,5	7,2	7	-	-	7,4
Materia orgánica (%)	70	55	68	60	14,18	53	70
Nitrógeno total (%)	1,5	2,5	3,7	1,2	0,4	3,3	3,7
Fosforo (%)	0,6	0,6	2	0,2	0,5	0,4	2,2
Potasio (%)	2,5	2,2	30	2,5	0,6	0,9	2,7
Calcio (%)	3,2	8	7,5	6	-	1,27	5,7
Magnesio (%)	0,8	0,2	2,3	0,2	-	-	1
Sodio (%)	1,6	0,1	0,3	0,1	-	-	1,1
Zinc (ppm)	130,6	-	-	-	-	-	516
Manganeso (ppm)	264	-	-	-	-	-	474
Hierro (ppm)	354	-	-	-	-	-	4902
Relación C/N	26	18	13	33	19	-	11
Mineralización (% 1 ^{er} año)	35	32	65	30	-	-	90

Fuente. Romero (1997); FEADER (2018)

Ante los anteriores argumentos y evidencias bibliográficas se plantea esta investigación con el objetivo de evaluar la calidad morfológica para plántulas de moringa (*M. oleifera* Lam.) producidas en sustratos compuestos de suelo y estiércol animal.

II. MATERIALES Y METODOS

Ubicación del estudio

El ensayo se realizó en casa de cultivo del Postgrado en Agricultura Tropical ubicado en *Campus* Juanico, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, en Maturín, localizado entre las coordenadas 9° 45' LN y 63° 11' LO, a la altitud de 65 m y temperatura promedio anual de 26,37 °C (INE, 2009). El experimento se condujo por 42 días, a partir de la siembra.

Preparación de los sustratos y colmado de envases

Se utilizó estiércol de siete especies de interés zootécnico: bovino, ovino, porcino, equino, cunícola, pollo de engorde (Pollinaza) y gallina ponedora (Gallinaza); obtenidos en las Fincas “La Campiña”, “Oripopo”, “La Bufalera” y “Las Palmas Ranch”, del municipio Maturín, estado Monagas. Las muestras fueron recolectadas directamente del sitio de almacenamiento, secadas bajo techo y pasadas por tamiz de 5 mm.

Se empleó suelo de textura areno francosa (aF), proveniente de la Finca “La Campiña”, ubicada en la parroquia San Simón, municipio Maturín, y se mezcló con cada estiércol tamizado y seco en la proporción 2:1 (v/v), respectivamente. Se utilizaron bolsas de polietileno negro de 2 kg de capacidad y el llenado se realizó manualmente. Los sustratos experimentales fueron caracterizados físicas y químicamente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Caracterización físico-química de los sustratos experimentales (estiércol+suelo)

Sustrato	Granulometría (%)		Porcentaje			Da	pH	CE	P
	<2mm	≥2mm	PT	Pa	MO	mg/m3		ms.cm-1	ppm
Bovino	18	82	39,18	1,17	12,82	0,99	6,64	0,0041	23,2
Ovino	28	72	41,22	3,22	19,39	0,85	7,08	0,0101	70,0
Porcino	16	84	39,47	1,46	10,94	1,04	5,65	0,0046	62,8
Equino	22	78	45,61	6,14	11,26	0,85	6,89	0,0060	44,8
Cunícola	19	81	41,52	3,51	17,01	0,92	7,38	0,0046	77,6
Pollinaza	36	64	42,10	4,09	18,71	0,93	7,82	0,0088	78,8
Gallinaza	34	66	41,96	3,22	29,29	0,88	8,18	0,2831	79,6

PT: Porosidad total; Pa: Porosidad de aireación; MO: Materia orgánica; Da: Densidad aparente; CE: Conductividad eléctrica y tenores de fósforo (P).

Selección de semillas y siembra

Se utilizó semillas de moringa cosechadas en abril-2019, provenientes de un banco de semillas ubicado en el sector Paso Hondo, municipio Ezequiel Zamora, estado Monagas. De la semilla cosechada, se realizó una selección en relación a tamaño, apariencia uniforme en coloración y sin lesiones en el tegumento. Se sembraron 2 semillas por bolsa, a 2 cm de profundidad, a continuación el sustrato fue saturado con agua corriente y de allí en adelante se aplicó riego con frecuencia interdiaria. Una vez ocurrida la emergencia se mantuvo una planta por bolsa y el raleo se realizó con una tijera.

Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques al azar con siete tratamientos representados por los siguientes sustratos compuestos de suelo y estiércol animal: S₁: bovino; S₂: ovino; S₃: porcino; S₄: equino; S₅: cunícola; S₆: pollinaza y S₇: gallinaza; con tres repeticiones por tratamiento, para un total de 21 unidades experimentales (UE). Cada unidad experimental estuvo representada por lotes de 18 plántulas, de las cuales fueron evaluadas las cuatro plántulas centrales. Se cuantificó el índice de velocidad de emergencia y porcentaje total de emergencia, así como también la evolución del índice de esbeltez e índice de esbeltez final en las plántulas y otros índices de calidad correspondiente a biomasa fresca aérea y radicular.

Índice de velocidad de emergencia y porcentaje total de emergencia

Por unidad experimental durante los primeros 14

días post siembra, se realizó conteo diario del número de plántulas emergidas; posteriormente se calculó el índice de velocidad de emergencia (IVE) mediante la expresión propuesta por Maguire (1962):

$$IVE = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{N_i}$$

En donde:

X_i= Número de plántulas emergidas por día; N_i=Número de días después de la siembra; n= Número de conteos 1, 2..., n conteos. El porcentaje total de emergencia (%E) por unidad experimental, se obtuvo mediante el conteo del total de plántulas emergidas a los 14 días post siembra, sustituido en la expresión descrita por García-López *et al.* (2016):

$$\% E = \frac{\text{Numero plántulas emergidas en el ultimo conteo}}{\text{Numero de semillas sembradas}}$$

Evolución del índice de esbeltez e índice de esbeltez final en plántula

Por unidad experimental, entre los 14 y 42 días post siembra, se cuantificó a intervalos de siete días: la altura en cm, mediante una cinta métrica rígida, desde la base del tallo hasta la yema apical de la planta y el diámetro del tallo (mm) mediante un vernier digital Mitutoyo Absolute Digimatic, colocado a nivel del cuello de la plántula.

Con los valores de altura y diámetro del tallo, se calculó en cada momento, el índice de esbeltez, mediante el cociente entre la altura (cm) y el diámetro del tallo (mm) (Birchler *et al.*, 1998); y a los 42 días post siembra, se calculó el índice de esbeltez final.

Otros índices de calidad en plántula

A los 42 días después de la siembra se determinó, la biomasa fresca aérea y radicular: Las fracciones aérea y radicular de cada plántula fueron pesadas en fresco, en balanza analítica OHAUS Adventurer SL AS214; adicionalmente se determinó volumen radicular (cm³) por el principio de Arquímedes, colocando cada raíz en un cilindro graduado con volumen de agua conocido. Las fracciones aérea y radicular de cada plántula fueron colocadas en bolsas de papel y llevadas a estufa de ventilación forzada MENMERT, Western Germany, a 75 °C, hasta obtener peso seco constante; cuantificándose la masa del material deshidratado, en balanza analítica OHAUS Adventurer SL AS214, determinándose de esta manera la biomasa seca aérea y radicular:

A partir de dicha información, se calcularon los tres índices de calidad:

1. Relación parte aérea/parte radicular (Pa/Pr): el cociente masa seca aérea (g) entre masa seca raíz (g).
2. Calidad de Dickson (QI): (Birchler *et al.*,

$$QI = \frac{\text{Masa total seca}}{\text{Índice de esbeltez} + \text{Relación MA/MR}}$$

3. Lignificación (IL): cociente masa seca total entre la masa fresca total por cien (Muñoz *et al.*, 2014).

Análisis estadístico

Los valores obtenidos en las variables cuantificadas y/o determinadas fueron sometidos a análisis exploratorio de parametricidad, mediante las pruebas de Levene y Wilk Shapiro para comprobar homogeneidad de varianzas y normalidad de los errores, respectivamente. Las variables cuantificadas que no cumplieron los supuestos para el análisis de varianza fueron analizadas por vía no paramétrica empleando la prueba de Friedman y las diferencias significativas interpretadas por comparación de suma de rangos.

Los índices de calidad calculados a los 42 días post siembra (Esbeltez final, relación Pa/Pr, Calidad de Dickson y Lignificación) fueron analizados mediante procedimiento ANAVA y las diferencias significativas entre sustratos fueron interpretadas mediante contrastes ortogonales (Silva-Acuña *et al.*,

2000) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Contrastes ortogonales elaborados en función de la estructura de los tratamientos o sustratos evaluados.

Tratamientos o sustratos	Contrastes ortogonales			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
Bovino	-3	-1	0	0
Ovino	-3	1	0	0
Porcino	2	0	-2	0
Equino	2	0	1	-1
Cunícola	2	0	1	1
ΣC_i^2	30	2	6	2

En el planteamiento de las hipótesis expresadas en cada uno de los contrastes indicados en el Cuadro 4 se observa las siguientes comparaciones ortogonales: C₁-Sustratos de rumiantes (Bovino y Ovino) vs. Sustratos de no rumiantes (Porcino, Equino y Cunícola); C₂-Dentro de los rumiantes: Sustrato bovino vs. Sustrato ovino; C₃-Dentro de los no rumiantes: Sustrato de omnívoro (Porcino) vs. Sustrato de herbívoro (Equino y Cunícola); C₄-Dentro de no rumiantes herbívoros: Sustrato Equino vs Sustrato Cunícola.

Las relaciones funcionales entre el índice de esbeltez por sustrato y el tiempo fueron estudiadas mediante análisis de regresión, considerando como variable independiente el tiempo (días post siembra) y como variable dependiente el índice de esbeltez. Para las variables altura (cm), diámetro de tallo (mm) y volumen radicular (cm³) a los 42 días post siembra, se calculó por sustrato, la estadística descriptiva referida a los valores de la media, desviación estándar y coeficiente de variación (%).

Los procedimientos estadísticos fueron realizados con el programa InfoStat versión 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018), considerando el nivel de significancia a 5% de probabilidad.

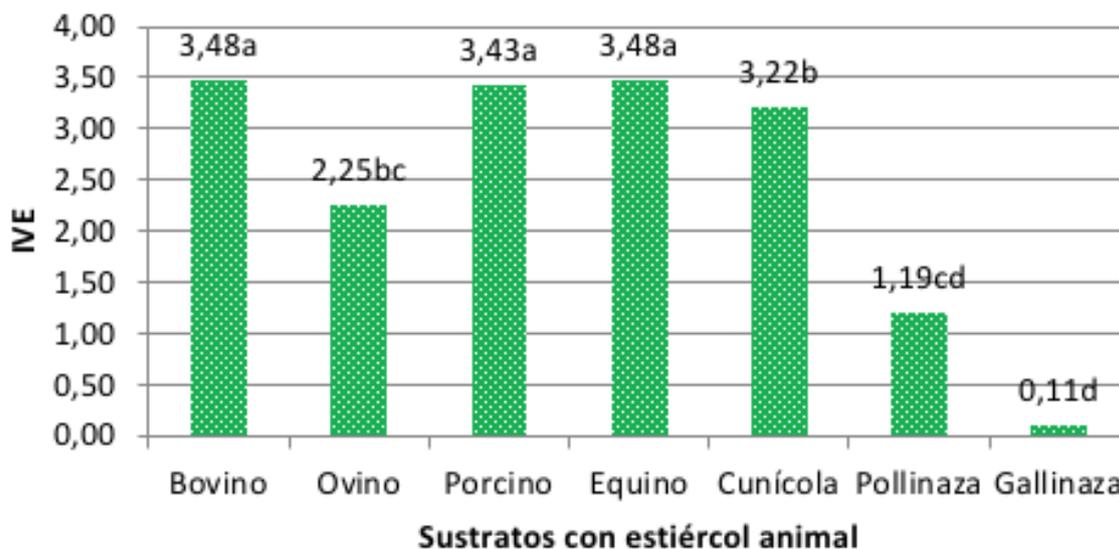
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de velocidad de emergencia y porcentaje total de emergencia en plántulas de moringa producidas con sustratos compuestos de suelo y estiércol animal

En la Figura 1 se presentan los índices de velocidad de emergencia (IVE) obtenidos en los siete sustratos de origen animal evaluados. El análisis estadístico detectó diferencias significativas a favor

de los sustratos: bovino, porcino y equino, similares entre si y distintos de los demás sustratos, con valores de 3,48; 3,43 y 3,48; respectivamente, un segundo grupo representado por el sustrato cunícola

con índice de velocidad de emergencia de 3,22 y el tercer grupo con los menores valores de IVE que agrupan los sustratos ovinos, pollinaza y gallinaza con índices de 2,25, 1,19 y 0,11 respectivamente.



F (Levene) = 2,07ns; W (Wilk Shapiro) = 0,88*; (a, b, c y d) Valores promedios con letras distintas en las columnas difieren estadísticamente por suma de rangos al 5% de probabilidad.

Figura 1. Índice de velocidad de emergencia (IVE) de plántulas de moringa en sustratos compuestos de suelo y estiércol animal.

Los sustratos bovino, equino o porcino ofrecieron a la semilla de moringa condiciones adecuadas para la germinación efectiva y rápida emergencia de las plántulas, siendo que desde el punto de vista químico estos sustratos (Cuadro 3), presentan valores de pH ligeramente ácido y CE baja en comparación al resto de ellos, condiciones estas consideradas ideales para producir plántulas forestales (Toral *et al.*, 2000); sin embargo, aunque se insista en la literatura que *M. oleifera* presenta gran plasticidad ecológica y edafoclimática, con amplia tolerancia de pH como señalado por Cerrato (2013); Mendoza (2013); Padilla *et al.* (2017), en el presente estudio se muestra de manera consistente, la evidente particularidad de preferencia del cultivo por específicas características del sustrato, en relación al pH y la conductividad eléctrica.

En relación a la velocidad de emergencia de la semilla, se observó disminución a medida que aumenta el tenor de pH y CE en el sustrato (Cuadro 3), condición esta que causó inhibición o retraso en la aparición de plántulas en los sustratos más alcalinos y/o con más contenido de sales (Romero-

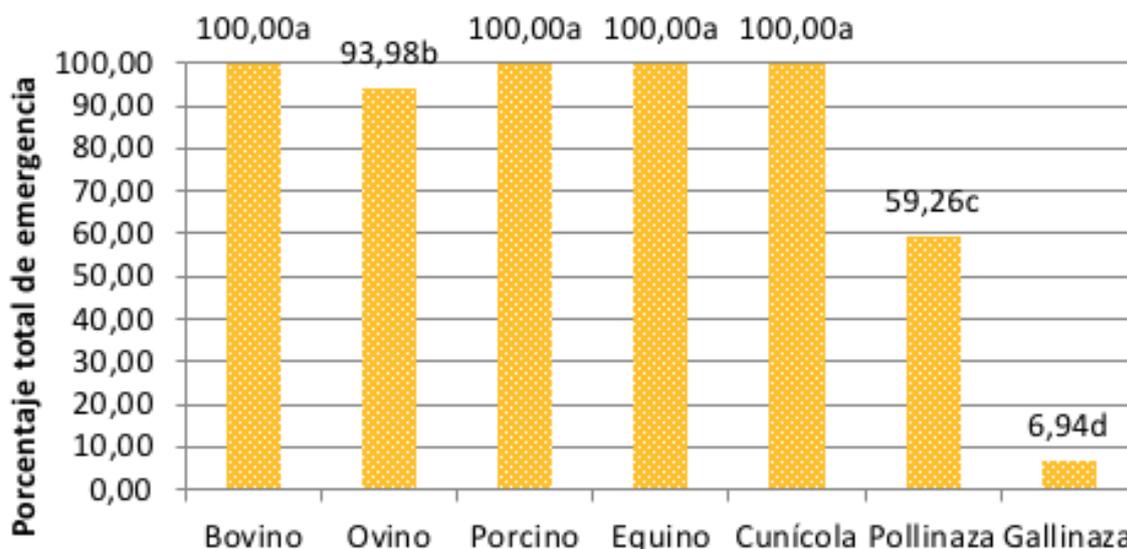
Marcano *et al.*, 2018). En tal sentido, los sustratos de aves (Pollinaza y gallinaza) resultan ser los menos favorables, debido a su alto contenido de bases y sales, combinado con niveles elevados de nitrógeno amoniacal. Este comportamiento está asociado a la dieta que reciben esas especies en sistemas intensivos (FEADER, 2018). El sustrato pollinaza resultó menos agresivo, posiblemente debido a la incorporación de cascarilla de arroz, que equilibra su relación C/N como fue señalado por Sosa *et al.* (2016).

El porcentaje total de emergencia obtenido por sustrato se muestra en la Figura 2. Se observa la formación de cuatro grupos de tratamientos diferentes entre sí. Las diferencias significativas observadas refuerzan el comportamiento descrito anteriormente, siendo que, los sustratos bovino, porcino, equino y cunícola lograron 100% de plántulas emergidas a los 14 días post siembra y fueron similares estadísticamente y diferentes de los demás, seguidos del sustrato ovino con 93,98% diferente de todos los otros sustratos, mientras los sustratos de aves, pollinaza y gallinaza, registraron los menores valores de emergencia total de 59,26 y

6,94%, siendo estadísticamente distintos a los demás y entre sí.

Los sustratos con estiércol de aves, a pesar de sus virtudes nutritivas (Cuadro 2), resultaron inviables para la producción de plántulas de moringa, esto porque en condiciones comerciales se esperaría un rendimiento mínimo de 80% de plántulas vivas, que

pueda justificar la inversión realizada (Bauer *et al.*, 2003; Latorre y Bachiller, 2007). Otras estrategias de manejo de los sustratos de pollinaza y gallinaza, deben estudiarse, considerando desde la realización de pre-tratamientos para disminuir el pH y la conductividad eléctrica y/o evaluar dosis mínimas de aplicación, para su futura incorporación en sustratos de vivero.



F (Levene) = 2,80^{ns}; W (Wilk Shapiro) = 0,65^{**}; (a, b, c y d) Valores promedios con letras distintas en las columnas difieren estadísticamente por suma de rangos al 5% de probabilidad.

Figura 2. Porcentaje total de emergencia de plántulas de moringa en sustratos compuestos de suelo y estiércol animal.

El crecimiento deficiente de las pocas plántulas emergidas en los sustratos con estiércol de aves, obligó el descarte de estos dos tratamientos (Pollinaza y Gallinaza); la posterior determinación de los índices de calidad morfológica solo fue posible en los cinco tratamientos restantes (Bovino, Ovino, Porcino, Equino y Cunícola).

Evolución del índice de esbeltez en plántulas de moringa producidas con sustratos orgánicos de origen animal

En la Figura 3 se puede observar por el coeficiente de determinación el adecuado ajuste polinomial cuadrático para el índice de esbeltez en los cinco sustratos con estiércol animal, evaluados luego de la emergencia total. Se observa, que entre los 14 y 42 días post siembra ocurre aumento progresivo en la esbeltez de la plántula de moringa, en todos los sustratos comparados. Adicionalmente, en función

del comportamiento de las curvas polinomiales es posible visualizar tres formas distintas de tendencia de aumento progresivo de la esbeltez: la primera tendencia de forma cóncava pronunciada observada para el sustrato bovino, se constata que el incremento en esbeltez se inicia lento y posteriormente acelera (Figura 3; A); mientras que para el segundo caso en los sustratos ovino y equino, el incremento en esbeltez se inicia acelerado y luego disminuye, la curva es convexa (Figura 3, B), estos sustratos alcanzan un índice de esbeltez alrededor de 8,70 cuando la curva alcanza el plató y la tendencia de ambos es a disminuir; y finalmente para los sustratos cunícola y porcino, ambas curvas son cóncavas aplanadas, en este caso el incremento en esbeltez mantiene un ritmo creciente, durante todo el periodo; sin embargo, en el sustrato cunícola es más acelerado. El índice de esbeltez final del sustrato cunícola resulto ser el más elevado entre los evaluados y el de porcino

el más bajo, respectivamente (Figura 3, C).

Con el avance de la edad, la plántula de moringa se hace más esbelta, es decir presenta mayor crecimiento en altura con respecto al crecimiento en diámetro del tallo, describiendo un patrón típico de crecimiento acelerado (Medina *et al.*, 2007), que puede variar en magnitud, conforme varían las condiciones físicas y químicas del sustrato de crianza (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2014).

Las tres variantes de evolución en esbeltez constatadas en la moringa, muestran las distintas formas de respuesta del cultivo ante limitaciones intrínsecas del sustrato, posiblemente prevalezcan en mayor proporción las de tipo químico, asociadas a menor fertilidad y mayores niveles de pH y conductividad eléctrica, respectivamente; tal situación estaría asociada a mayor condición de estrés en las plántulas, en consecuencia, menor crecimiento

en diámetro de tallo, con respecto al crecimiento en altura, de esta manera afectando la esbeltez de la planta. Sol-Quintas *et al.* (2016) reportan en plantas adultas de moringa, correlaciones positivas del crecimiento aéreo con respecto a los contenidos nutritivos (N, P, K y MO) del abono orgánico utilizado, y correlación negativa respecto al pH del mismo; por otro lado, Becerra (1981) señala que el crecimiento aéreo (altura y diámetro) puede variar de manera significativa por influencia genética y ambiental, donde la altura, expresa efectos genéticos (herencia), y el diámetro del tallo, las condiciones de ambiente. En ambos casos señalados por la literatura (Sol-Quintas *et al.*, 2016; Becerra, 1981) la condición de nutrimentos en el sustrato y la particular fenología de la moringa, respectivamente, podrían estar afectando de manera significativa la evolución del índice de esbeltez.

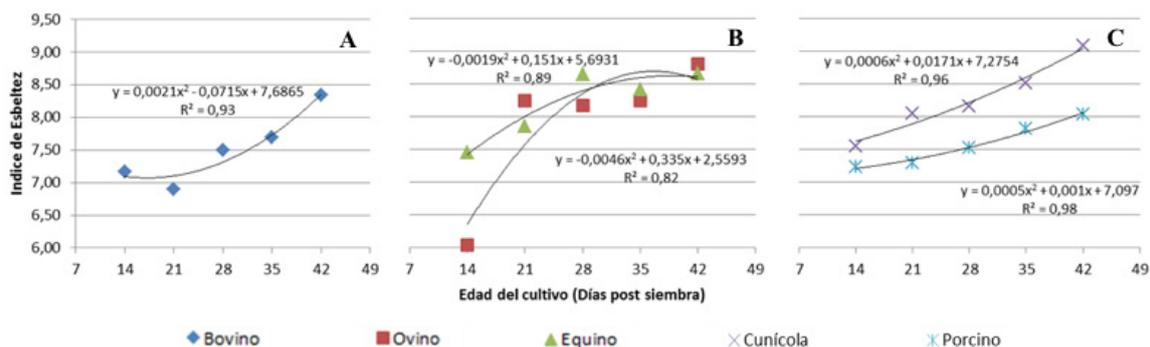


Figura 3. Evolución del índice de esbeltez en plántulas de moringa producidas en sustrato bovino (A); sustratos ovino y equino (B) y sustratos cunícola y porcino (C).

En el sustrato bovino, se observa que a partir de los 21 días, la baja fertilidad (Cuadro 2) empieza a influir sobre el crecimiento de la planta, limitando el desarrollo lateral del tallo, mientras persiste el crecimiento en altura; aunque, en los sustratos ovino y equino, el efecto limitativo es más inmediato, influenciado principalmente por mayores tenores de pH y CE (Cuadro 3), siendo a partir de los 35 días, donde se observa la fase estable, en la cual posiblemente por adaptación natural, empieza a promoverse el desarrollo lateral del tallo.

Para los sustratos cunícola y porcino, el efecto es uniforme, debido probablemente al relevante aporte nutritivo de ambos sustratos (Cuadro 3), que

mantuvo una tasa proporcional de desarrollo (Apical - Lateral) en la plántula; sin embargo, la evidente fertilidad del sustrato cunícola, no pudo compensar su limitación de pH elevado, presentando la mayor tasa de incremento en esbeltez, que indica en la plántula, superioridad de crecimiento en altura.

La recurrente respuesta fisiológica de la moringa, ante variaciones de pH y CE en el sustrato, podría estar influenciada por la presencia de algún (os) compuesto (s) alcalino (os) de naturaleza salina (Romero-Marcano *et al.*, 2018); lo que sugiere la existencia de macro o micronutrimentos, aun no identificados, que afectan el normal desarrollo del cultivo en vivero.

Índices de calidad en plántulas de moringa con 42 días post siembra, producidas en sustratos compuestos de suelo y estiércol animal

En el Cuadro 5 se presenta el resumen del ANAVA y los contrastes ortogonales establecidos entre sustratos, para los cuatro índices de calidad determinados, se observa total independencia entre los índices de calidad con referencia a la distribución de efectos comparativos significativos.

El índice de esbeltez no mostró diferencia

significativa alguna entre sustratos; mientras, la relación parte aérea/parte radicular presentó diferencias significativas solo en los contrastes asociados con los sustratos no rumiantes (Porcino, equino y cunícola); por su parte, el índice de Dickson mostró diferencias en la mayoría de las comparaciones, con excepción para el contraste entre los herbívoros (Equino y cunícola), mientras que, el índice de lignificación, mostró diferencias significativas en todos los contrastes establecidos tanto en rumiantes como en no rumiantes.

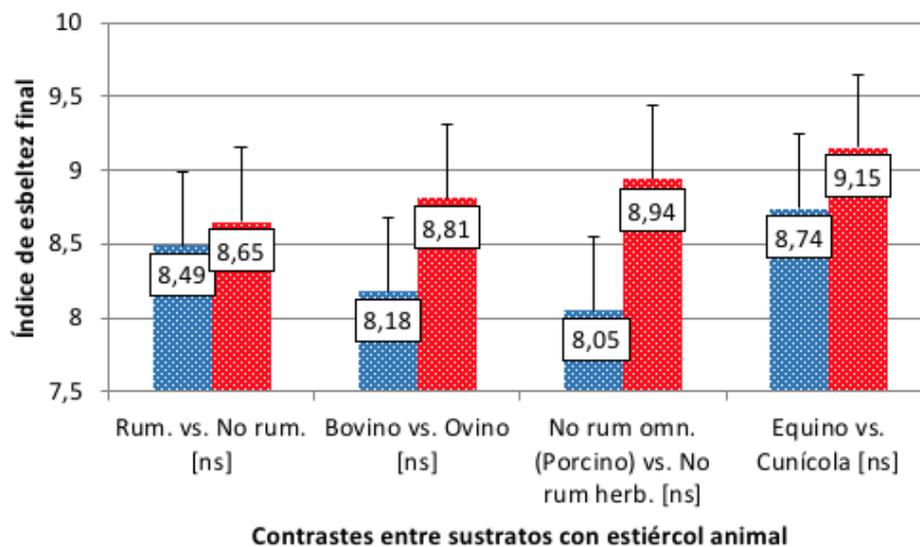
Cuadro 5. Resumen del análisis de varianza de las comparaciones ortogonales entre sustratos, para los índices de calidad morfológica en plántulas de moringa.

Fuente de variación	Gl	Cuadrados medios			
		Esbeltez	Relación Pa/Pr	QI	IL
Rumiantes vs. No rumiantes	1	0,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03**	7,54**
<i>Dentro de rumiantes:</i>					
Bovino vs. Ovino	1	0,60 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,02**	3,02**
<i>Dentro de no rumiantes:</i>					
Omnívoro (Porcino) vs. Herbívoros	1	1,60 ^{ns}	1,73**	0,03**	0,32*
<i>Dentro de no rumiantes herbívoros:</i>					
Equino vs. Cunícola	1	0,26 ^{ns}	1,59*	0,01 ^{ns}	0,26*
Bloque	2	0,12 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,02**	0,04 ^{ns}
Error	8	0,75	0,14	1,4x10 ⁻³	0,03
CV (%)		0,09	15,29	12,85	1,09
F (Levene)		2,32 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,83 ^{ns}	3,82 ^{ns}
W (Wilk Shapiro)		0,92 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,80 ^{ns}

Pa/Pr: Parte aérea/parte radicular; QI: Índice de calidad de Dickson; IL: Índice de lignificación; ns: No significativo; * y **: Significativo a 5 y 1 % de probabilidad por prueba de F, respectivamente.

A pesar de las variantes en esbeltez observadas por sustrato durante el periodo de crianza de las plántulas, el índice de esbeltez final no mostró diferencias significativas al 5% de probabilidad,

siendo similar entre los sustratos de origen rumiante y no rumiante, así como las comparaciones dentro de cada uno de los grupos. Los valores promedios de índice de esbeltez final obtenidos a los 42 días post siembra oscilaron entre 8,05 y 9,15 (Figura 4).



Rum: Ruminante; Omn: Omnívoro; Herb: Herbívoro; ns: No significativo.

Figura 4. Índice de esbeltez final en plántulas de moringa producidas con sustratos compuestos de suelo y estiércol animal.

Para el índice de esbeltez, se constató variabilidad dentro y entre los componentes de crecimiento aéreo, altura y diámetro del tallo, con coeficientes de variación disimiles y sin patrón lógico respecto a cada sustrato (Cuadro 6), que muy probablemente diluyeron las diferencias de esbeltez final entre tratamientos. De acuerdo con la literatura, parece hábito, no encontrar efecto significativo sobre el

crecimiento aéreo, al criar plántulas de moringa en sustratos enriquecidos (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2014; Duarte, 2015; Gutiérrez *et al.*, 2015; Sol-Quintas *et al.*, 2016), lo cual puede atribuirse al crecimiento acelerado y alta capacidad de adaptación, propios del cultivo, donde la planta posiblemente restrinja su crecimiento radicular, en pro de mantener el crecimiento aéreo.

Cuadro 6. Altura de plántula y diámetro de tallo obtenidos por sustrato, en plántulas de moringa con 42 días post siembra.

Sustratos	Altura de plántula (cm)		Diámetro del tallo (mm)	
	$\bar{X} \pm DE$	CV (%)	$\bar{X} \pm DE$	CV (%)
Bovino	43,90±5,14	11,70	5,30±0,49	9,21
Ovino	43,02±9,33	21,70	4,90±1,03	21,11
Porcino	52,47±8,13	15,49	6,62±1,11	16,75
Equino	43,59±7,92	19,48	5,05±0,86	17,09
Cunicola	47,64±6,67	13,99	5,27±0,79	14,91

\bar{X} : Media; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

En moringa, la altura de plántula, no parece ser una referencia adecuada para definir el momento óptimo de trasplante, ya que existen rutinas que recomiendan trasplantar al alcanzarse de 25 a 30 cm de altura en vivero (Chepote, 2018), medida obtenida en este experimento en corto tiempo (21 días); además de ello, se agrega que las plántulas poseían un tallo delgado (entre 2 y 3 mm de diámetro),

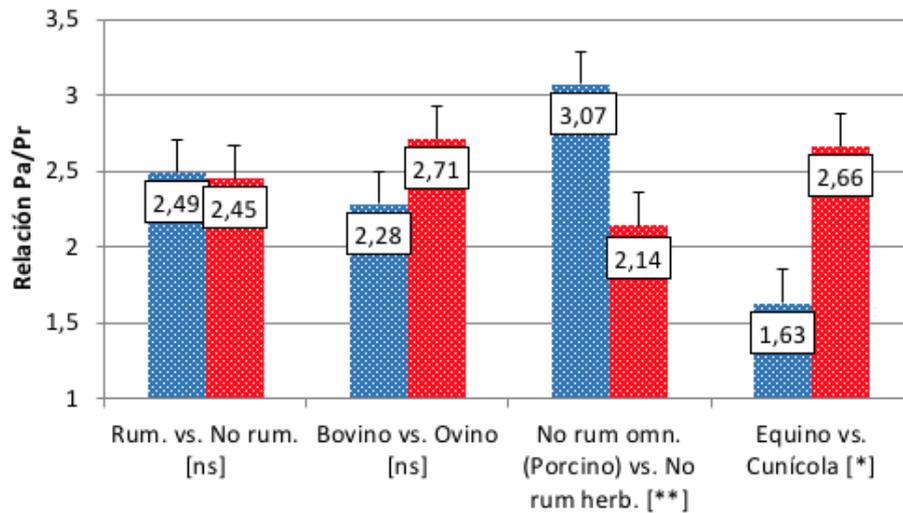
altamente susceptibles al doblamiento y a daños por fauna nociva, lo que dificultaría su supervivencia post trasplante (Prieto *et al.*, 2009); estas razones respaldan el hecho de no usar la altura como indicador del momento de trasplante.

Los valores promedios de esbeltez final obtenidos en esta investigación (Figura 4), categorizan las plántulas de moringa, como de baja calidad, de

acuerdo con el criterio utilizado para Coníferas (Rueda-Sánchez *et al.*, 2014), donde se considera una planta de alta calidad aquella con índice por debajo de 6 puntos. El particular y acelerado ritmo de crecimiento aéreo de la moringa, justificado por las elevadas concentraciones de zeatina (citoquinina) en hojas y tallos de esta especie vegetal (Makkar y Becker, 1995); además de ello, el tipo de raíz napiforme, que representa un buen medio de anclaje para la planta (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2014) le confieren a la moringa, la particularidad de promover mayor crecimiento en longitud, incluso en sustratos no enriquecidos (Noguera-Talavera *et al.*, 2014), por lo que naturalmente, su relación altura/diámetro tenderá a ser elevada (>6 puntos), influenciando de manera significativa el índice de esbeltez, por

consecuencia no resultando favorable para el cultivo como indicador de calidad de las plántulas. En cuanto a labores de manejo, en plantas delgadas con desproporción del crecimiento (altura/diámetro), ese índice de esbeltez podría mejorarse mediante ajuste en la densidad del cultivo y/o aplicación de poda aérea (Muñoz *et al.*, 2014).

En la Figura 5 se presentan los valores para el índice relación masa parte aérea/parte radicular (Pa/Pr) obtenidos en cada sustrato. El análisis estadístico mostró significancia al 5 y 1% de probabilidad, únicamente en los sustratos no rumiantes, donde según la jerarquía inversa propia del índice, los sustratos de herbívoros (2,14) fueron superiores al sustrato omnívoro (Porcino) (3,07) y entre los sustratos herbívoros, el sustrato equino (1,63) fue superior al cunícola (2,66).



Contrastes entre sustratos con estiércol animal

Rum: Rumiante; Omn: Omnívoro; Herb: Herbívoro; ns: No significativo; * y **: Significativos a 5 y 1% de probabilidad por prueba de F, respectivamente.

Figura 5. Relación de las masas de la parte aérea/parte radicular (Pa/Pr) en plántulas de moringa producidas con sustratos compuestos de suelo y estiércol animal

Al interpretar este índice, se evidencia un crecimiento desproporcionado de la plántula en los sustratos porcino y cunícola, siendo superior el crecimiento aéreo en comparación al crecimiento radicular; lo cual en ambos casos puede atribuirse mayormente al aporte de fósforo (P), antes descrito en estos materiales (Cuadro 3) y/o a otros macro y micronutrientes que pudieran estar presentes en ellos (FEADER, 2018); sin embargo, en el sustrato cunícola, se observó además efecto restrictivo en el desarrollo radicular de la plántula, ubicándose entre

los sustratos con menor volumen de raíz (Cuadro 7), producto de la alcalinidad del material, que también favoreció de manera directa la magnitud del índice. De acuerdo con el criterio de Rueda-Sánchez *et al.* (2014) para este índice, solamente las plántulas criadas en el sustrato equino calificarían como de buena calidad, por presentar valor por debajo de 2 puntos; con suficiente porción radicular para el suministro de energía a los tejidos aéreos, que facilita la adaptación del cultivo a ambientes adversos (Pace *et al.*, 1999; Gonçalves *et al.*, 2001).

Cuadro 7. Volumen de raíz obtenido por sustrato, en plántulas de moringa con 42 días post siembra.

Sustratos	Volumen de raíz (cm ³)	
	$\bar{X} \pm DE$	CV (%)
Bovino	6,33±1,87	29,60
Ovino	4,00±1,76	43,95
Porcino	8,00±1,81	22,61
Equino	6,58±2,47	37,46
Cunícola	5,50±1,44	26,29

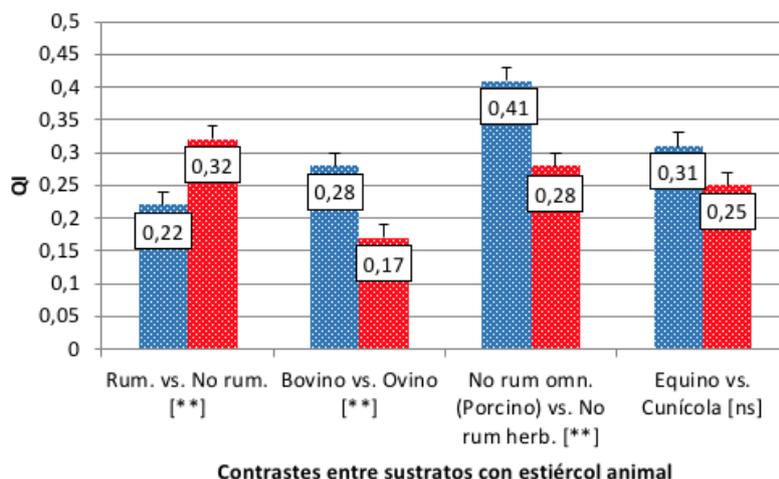
\bar{X} : Media; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

Tal comportamiento coincide con lo reportado por Noguera-Talavera *et al.* (2014), quienes en sustratos de baja fertilidad lograron para moringa, una relación Pa/Pr de 1,55. El estiércol equino, a pesar de ser pobre en nutrimentos, se caracteriza por presentar bondades físicas (Morales *et al.*, 2009), pudiendo duplicar en porosidad al resto de los sustratos evaluados (Cuadro 3), lo que posiblemente contribuyó para el mayor desarrollo radicular de la plántula de moringa.

En cuanto al índice de calidad de Dickson, la Figura 6 muestra los valores obtenidos por sustrato con estiércol animal, donde el análisis estadístico detectó diferencia significativa al 1% de probabilidad, entre los sustratos rumiantes y no rumiantes, con superioridad de los no rumiantes (0,32), así como también, en sustratos rumiantes, el sustrato bovino (0,28) fue estadísticamente superior al ovino (0,17);

mientras en los sustratos no rumiantes, el sustrato omnívoro (Porcino) (0,41) mostró superioridad con respecto a los sustratos herbívoros (0,28). La comparación entre sustratos herbívoros (Equino y cunícola), no mostró diferencias significativas.

De manera general, se observa mayor calidad de plántula en los sustratos de origen no rumiante, tal comportamiento puede estar vinculado directamente al mayor aporte nutricional de estos estiércoles, siendo determinante las características de la dieta de estas especies animales, más exigentes en proteína, vitaminas y minerales (Rostagno *et al.*, 2017) estos materiales coinciden en ser ricos en los elementos N, P y K (FEADER, 2018), los cuales estimulan el buen desarrollo de la plántula de moringa, lo que demuestra la exigencia nutricional de este cultivo; sin embargo, en sustratos no enriquecidos la *M. oleifera* ha alcanzado valores de QI hasta de 0,79, luego de 70 días en vivero (Noguera-Talavera *et al.*, 2014).



Rum: Rumiante; Omn: Omnívoro; Herb: Herbívoro; **: Significativo al 1% de probabilidad por prueba de F; ns: No significativo

Figura 6. Índice de Dickson (QI) en plántulas de moringa producidas con sustratos compuestos de suelo y estiércol animal.

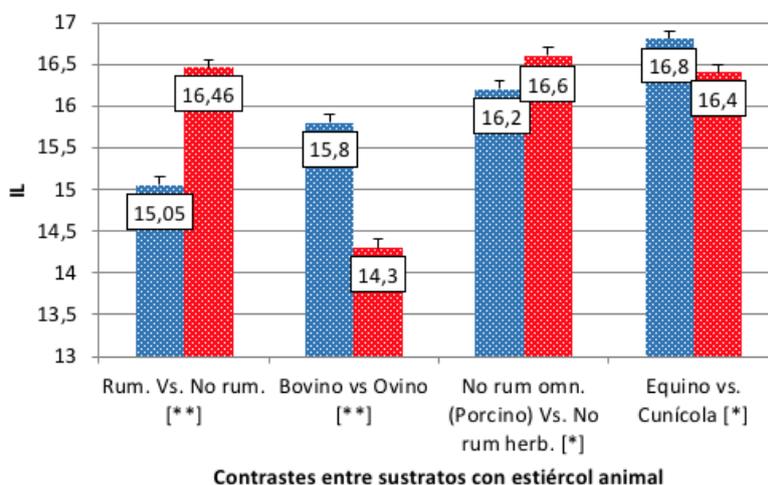
Al comparar ambos sustratos rumiantes (Bovino vs. Ovino), se constató que además de la fertilidad es indispensable considerar de manera conjunta la presencia en el sustrato de altos niveles de pH y CE, porque a pesar de ser el estiércol ovino mucho más rico en nutrimentos que el bovino (FEADER, 2018), sus mayores tenores de pH y CE incidieron en la producción de plántulas de menor calidad; definitivamente existen compuestos o elementos alcalinos no identificados, que al presentarse en el sustrato, perjudican no solo la germinación, sino también la asimilación de nutrimentos de la plántula de moringa.

En tal sentido, el sustrato porcino presentó el mejor balance, combinando buen aporte nutricional con niveles adecuados de pH y CE (FEADER, 2018), lo que se tradujo en mayor índice de calidad de Dickson para las plántulas de moringa criadas en este sustrato. En cuanto a magnitud del índice, basado en la escala para coníferas (Rueda-Sánchez *et al.*, 2014), los valores de QI obtenidos en los cinco sustratos resultan deficientes, siendo óptimo un índice superior a 0,5 puntos; lo que genera por lo menos dos posibles consideraciones: 1- Se requiere mayor tiempo de permanencia de las plántulas de moringa en condiciones de vivero para lograr alcanzar mayores valores del QI ó 2- los rangos de clasificación del QI para coníferas no aplican para el

cultivo moringa.

El índice de lignificación obtenido por sustrato se presenta en la Figura 7, el análisis estadístico mostró efectos significativos al 1 y 5% de probabilidad en las comparaciones establecidas; siendo estadísticamente superiores los sustratos de origen no rumiante (16,46) a los de origen rumiante (15,05); en sustratos rumiantes, fue superior el sustrato bovino (15,8) al sustrato ovino (14,3); mientras que en sustratos no rumiantes, fueron superiores los sustratos de herbívoros (16,6) con respecto al sustrato de omnívoro (Porcino) (16,2) y entre los sustratos herbívoros, el sustrato equino (16,8) fue superior al sustrato cunícola (16,4).

El índice de lignificación (IL) entre sustratos mostro comportamiento similar al índice de Dickson (QI), con excepción de los contrastes entre sustratos no rumiantes, donde la superioridad de los sustratos herbívoros y en especial del sustrato equino suponen la presencia, de elementos específicos que estimulan mayores reservas de materia seca en la plántula de moringa; siendo que los macroelementos (C, O, H, N, P, K, S, Ca y Mg) constituyen aproximadamente 99,5% del total de la materia seca en la planta (Hernández-Gil, 2002) y son absorbidos y/o procesados de manera variable en los tejidos vegetales (Gandica-Omaña y Peña, 2015), uno o varios de estos elementos, serian determinantes en la diferencia de materia seca observada entre los sustratos evaluados.



Rum: Rumiante; Omn: Omnívoro; Herb: Herbívoro; ** y *: Significativos a 1 y 5% de probabilidad por prueba de F, respectivamente.

Figura 7. Índice de lignificación en plántulas de moringa producidas con sustratos compuestos de suelo y estiércol animal.

En general, los bajos valores de IL (<20%) obtenidos en los distintos sustratos están asociados al rápido crecimiento de la *M. oleifera*, que generalmente presenta vástagos más suculentos en comparación a otras especies forrajeras, lo cual puede comprometer su total sobrevivencia en campo (Duarte, 2015); estos resultados reafirman la necesidad de extender el periodo de crianza de la plántula de moringa en vivero, además de requerir prácticas de poda, que permitan modificar el patrón de crecimiento de la plántula y estimular su endurecimiento (SENA, 2000; Noguera-Talavera *et al.*, 2014).

La ambigüedad y poca efectividad de estos cuatro índices morfológicos al momento de definir la calidad de plántula en moringa, radica en el particular y rápido crecimiento vegetativo de este cultivo en condiciones de vivero, que impide lograr valores cercanos a los rangos ideales y sugiere, estandarizar el proceso de crianza y determinar en cada índice, rangos de calidad de mayor pertinencia; siendo necesario evaluar factores complementarios como: tiempo de crianza y realización de poda en vivero, en función de la calidad final de plántula y de su sobrevivencia luego del trasplante.

IV. CONCLUSIONES

Para las variables velocidad de emergencia y porcentaje total de emergencia de plántulas de moringa, los sustratos a base de estiércol porcino, equino y bovino presentaron los valores más elevados, mientras que los sustratos a base de pollinaza y gallinaza resultaron ser los menos adecuados.

En las curvas del índice de esbeltez a lo largo del periodo cuantificado se verificó que los sustratos a base de estiércol porcino y cunícola permiten un ritmo de crecimiento aéreo sostenido en la plántula de moringa.

Entre los sustratos evaluados, el de suelo - estiércol porcino en relación 2:1 (v/v) constituye la primera opción para la crianza de plántulas de moringa en condiciones de vivero.

Con excepción del índice de Dickson, los otros índices evaluados (Esbeltez, Relación Pa/Pr, e Índice de lignificación) no permitieron indicar calidad para las plántulas de moringa en condiciones de vivero, tal condición está asociada al rápido crecimiento de la planta de moringa.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, R., Cruz, H. y Alba, J. (1999). Efecto de seis sustratos en la germinación de *Pinus patula* Sch. Et Cham, *Pinus montezumae* Lam., y *Pinus pseudostrubus* Lindl., en condiciones de vivero. *Foresta Veracruzana*, 1(2):31-36.
- Arteaga M., León S. y Amador C. (2003). Efecto de la mezcla de sustratos y fertilización sobre el crecimiento de *Pinus durangensis* Martínez en vivero. *Foresta Veracruzana*, 5:9-15.
- Bauer, G., Weilenmann, E., Perretti, A. y Monterrubianesi, G. (2003). Germinación y vigor de semillas de soja del grupo de maduración III cosechadas bajo diferentes condiciones climáticas. *Revista Brasileira de Sementes*, 25(2):53-62.
- Becerra, L. (1981). Algunos factores climáticos y su influencia en el incremento en diámetro de nueve especies forestales en Chapingo, México. Departamento de Bosques. (Tesis de Pregrado) Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/629/62980108/>.
- Birchler, T., Rose R., Royo, A. y Pardos M. (1998). La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Invest. Agr. Sist. For.*, 7(1,2):109-121.
- Cerrato, I. (2013). Cultivo de Moringa (*Moringa oleifera*). [Documento en línea]. Disponible en: <http://pronagro.sag.gob.hn/dmsdocument/298>.
- Chepote, M. (2018). Siembra del cultivo de moringa (*Moringa oleifera*) en la pampa de Villacurí, Departamento de Ica. Tesis de grado. Ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 35p. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3223/FO1-C44-T.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Dao, T. y Cavigelli, A. (2003). Mineralizable carbon, nitrogen, and water-extractable phosphorus release from stockpiled and composted manure and manure-amended soils. *Agron. J.* 95:405-413. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.4050>

- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini M., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2018). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Dickson, A., Leaf, A. y Hosnerm, J. (1960). Quality appraisal of white pine seedling stock in nurseries. *For. Chron.*, 36:10-13. <https://pubs.cif-afc.org/doi/abs/10.5558/tfc36010-1>
- Domínguez, L., Murrias, G., Herrero, N. y Peñuelas, J. (2001). Cultivo de once especies mediterráneas en vivero: implicaciones prácticas. *Ecología*, 15:213-223.
- Dos Santos, V., Alves, R., Melo, G. y Martins Filho, S. (2014). Uso de diferentes substratos na produção de mudas de cupuaçuzeiro. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer – Goiânia 10 (18): 2941-2953. <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/Uso%20de%20diferentes.pdf>
- Duarte, C. (2015). Evaluación del comportamiento de dos especies forrajeras Marango (*Moringa oleifera* Lam.), y *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* De Witt) en la fase de vivero en la Universidad Nacional Agraria, Managua. Tesis de grado. [Documento en línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/35166921.pdf>.
- Fanjay, P. y Dwivedi, K. (2015). Shigru (*Moringa oleifera* Lam.): A critical review. *International Journal of Ayurveda and Pharmaceutical Chemistry*, 3(1):217-227. <http://ijapc.com/volume3-first-issue/Volume3-Iss-12015-p217-227.pdf>
- FAO. (2002). El cultivo protegido en clima mediterráneo. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-s8630s.pdf>.
- FEADER. Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural. (2018). Estiércoles. Caracterización, analítica e implicaciones sobre su aprovechamiento fertilizante. [Documento en línea]. Disponible en: https://www.aragon.es/documents/20127/674325/IT_268-18.pdf/23bb772e-8894-b8f4-525d-0a6e7131db78.
- Gandica-Omaña, H. y Peña, H. (2015). Acumulación de materia seca y balance de nutrientes en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en ambiente protegido. *Bioagro*, 27(2):111-120.
- García, M. (2006). Control y mejora de la calidad del proceso productivo. Jornada de Difusión y Capacitación para Viveristas Forestales del Noreste de Entre Ríos. INTA, Concordia, Entre Ríos, Argentina. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.inta.gov.ar/CONCORDIA/info/documentos/Forestacion/Jornada%20para%20viveristas%20forestales_EEA%20Concordia%20julio%20de%202006.pdf.
- García-López, J., Ruiz-Torres, N., Lira-Saldivar, R. Vera-Reyes, I. y Méndez-Argüello, B. (2016). Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de nano partículas. [Documento en línea]. Disponible en: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/334/1/T%C3%A9cnicas%20Para%20Evaluar%20Germinaci%C3%B3n%2C%20Vigor%20y%20Calidad%20Fisiol%C3%B3gica%20de%20Semillas%20Sometidas%20a%20Dosis%20de%20Nanopart%C3%ADculas.pdf>.
- Gonçalves, R., Fernandes, F. y Ferreira, F. (2001). Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 36(1):79-88.
- Gutiérrez, J., Ortiz, R. y Méndez, C. (2015). Efectividad de riegos artesanales sobre el crecimiento de *Moringa oleifera* Lam. Tesis de grado. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua. 40p.
- Hernández-Gil, R. (2002). Nutrición mineral de las plantas. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/>.
- INE. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. (2009). Datos meteorológicos, Estación Meteorológica 80435: Maturín, estado Monagas. [Documento en línea]. Disponible en: www.ine.gov.ve/sintesisestadistica2009/estados/monagas/cuadros/EM1Maturin.xls.

- Krug, H. (1997). Environmental influences on development growth and yield. En: Wien, H.C. (Ed.). The physiology of vegetable crops. CABI Publishing, London. pp. 101-180. <https://www.cabi.org/ISC/abstract/19970308135>
- Latorre, E. y Bachiller, J. (2007). Proyecto de prefactibilidad para la creación de un vivero de especies nativas en el municipio de Sesquile (Cundinamarca). Trabajo de grado. Administrador de empresas agropecuarias. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia. 166p.
- Lijesh, K. y Malhotra, R. (2016). Reduction of turbidity of water using *Moringa oleifera*. International Journal of Applied Engineering Research, 11(2):1414-1423.
- Maguire, J. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergences and vigor. Crop Sci., 2:176-177.
- Makkar, H. y Becker, K. (1995). Studies on utilization of *Moringa oleifera* leaves as animal feed Institute for Animal Production in the tropics and Subtropics. University of Hoheheim. Germany. 60p.
- Medina, M., García, D., Clavero, T. y Iglesias, J. (2007). Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. Zootecnia Tropical, 25(2):83-93.
- Mendoza, J. (2013). Características agronómicas de la moringa (*Moringa oleifera* Lam.) y su posible adaptación a las condiciones de Chile. [Documento en línea]. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/114958>.
- Mofijur, M., Masjuki, H., Kalam, M., Atabani, A., Fattah, I. y Mobarak, H. (2014). Comparative evaluation of performance and emission characteristics of *Moringa oleifera* and Palm oil based biodiesel in a diesel engine. Industrial Crops and Products, 53:78-84. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926669013006882>
- Morales, P. E. (2018). Indicadores de calidad de planta en viveros forestales del estado de Tamaulipas Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Subdirección de Posgrado. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. 103p <http://eprints.uanl.mx/15965/1/1080290166.pdf>
- Morales, J., Fernández, M., Montiel, A. y Peralta, B. (2009). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). BIOTecnia, 11(1):19-26.
- Muñoz, H., Sáenz, J., Coria, V., García, J., Hernández, J. y Manzanilla, G. (2014). Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuaro, Michoacán. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 6(27):72-89.
- Noguera-Talavera, A., Reyes-Sánchez, N., Membreño, J., Duarte-Aguilar, C. y Mendieta-Araica, B. (2014). Calidad de plántulas de tres especies forrajeras (*Moringa oleifera* Lam., *Leucaena leucocephala* y *Cajanus cajan*) en condiciones de vivero. La Calera, 14(22):21-27.
- Olson, M. y Fahey, J. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. Revista Mexicana de Biodiversidad, 82:1071-1082.
- Pace, L., Foloni, J., Tiritan, C. y Rosolem, C. (1999). Desenvolvimento radicular e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão submetidos à compactação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Programas e Resumos Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Brasília. p 27.
- Padilla, C., Valenciaga, N., Crespo, G., González, D. y Rodríguez, I. (2017). Requerimientos agronómicos de *Moringa oleifera* (Lam.) en sistemas ganaderos. Livestock Research for Rural Development, 29(11):218. <http://www.lrrd.org/lrrd29/11/idal29218.html>
- Pastor, J. (1999). Utilización de sustratos en viveros. Tierra, 17 (3):231-235. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>
- Prieto, J., García, J., Mejía, J., Huchin, A. y Aguilar, J. (2009). Producción de planta del Género Pinus en

- vivero en clima templado frío. Publicación Especial N° 28. Campo experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte Centro. INIFAP. Durango, México. 47p.
- Quiroz, I., García, E., González, O., Chung, P. y Soto, H. (2009). Vivero Forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta. Concepción, Chile. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26345>
- Quiroz, M., Flores, L., Pincheira, M. y Villarroel, A. (2001). Manual de viverización y plantación de especies nativas. Instituto Forestal. Valdivia, Chile. 160p. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/1438>
- Rodríguez, T. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad autónoma Chapingo. Mundi Prensa México. 156p.
- Rojas, F. (2002). Metodología para la evaluación de calidad de plántulas de ciprés (*Cupressus lusitánica* Mill) en vivero. *Revista Chapingo. Serie Ciencias forestales y del ambiente*. 8:75-81. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62980109>
- Romero, L. (1997). Abonos orgánicos y químicos en producción sanidad y absorción nutrimental de papa y efecto en el suelo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, México. 95p.
- Romero-Marcano, G., Silva-Acuña, R. y Sánchez-Cuevas, M. (2018). Tipos de sustrato y frecuencias de riego sobre características agronómicas de la moringa (*Moringa oleifera* Lamark) cv. Super Genius en condiciones de vivero. *Saber*, Universidad de Oriente, Venezuela, 30:228-237.
- Rostagno, H., Teixeira, L., Hannas, M., Juarez, D., Sakomura, N., Perazzo, F., Saraiva, A., Teixeira M., Borges, P., De Oliveira, R., De Toledo, S. y De Oliveira, C. (2017). Tablas brasileras para aves y cerdos. [Documento en línea]. Disponible en: <https://eliasnutri.files.wordpress.com/2018/09/tablas-brasilec3b1as-aves-y-cerdos-cuarta-edicion-2017-11.pdf>.
- Ruano, M. (2003). Viveros forestales: Cultivo de brinzales forestales en envase. Sustrato o medio de cultivo. Mundi-prensa. España. pp 126-143.
- Rueda-Sánchez, A., Benavides-Solorio, J., Saenz-Reyez, T., Muñoz F, H, J., Prieto-Ruiz J. Á., Orozco G, G. (2014). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(22):58-73. <https://www.redalyc.org/pdf/634/63439004005.pdf>
- SENA. SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. (2000). Formación de plantas. En: Operario Calificado en Labores Culturales. pp.18-38. <https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/2109/3024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Serrada, H., Navarro, M. y Pemán, J. (2005). La calidad de las repoblaciones forestales: una aproximación desde la silvicultura y la ecofisiología. *Investigación agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, 14:462-481.
- Silva-Acuña, R., Álvarez, V. y Silva-Acuña, A. (2000). Como comparar correctamente tratamientos de naturaleza cualitativa. *Agronomía Tropical*, 50(2):151-155.
- Sol-Quintas, G., Valdés-Rodríguez, O. y Pérez-Vásquez, A. (2016). Efecto de la poda y fertilización orgánica en *Moringa oleifera* Lam. en la región centro de Veracruz, México. *Revista Electrónica de Ciencia Administrativa*, 1:101-121.
- Sosa, N., Orcellet, J. y Gambaudo, S. (2016). Uso agronómico de los residuos orgánicos de origen animal. [Documento en línea]. Disponible en: [nsf/0/243E1ECDAD30C0518525808E00757199/\\$FILE/Art%203.pdf](https://nsf/0/243E1ECDAD30C0518525808E00757199/$FILE/Art%203.pdf)
- Soto, G. (2003). Abonos orgánicos: Definiciones y procesos. En: Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura. CIA. San José, Costa Rica. pp. 21-51.
- Terés, V. (2001). Relaciones aire-agua en sustrato de cultivo como base para el control de riego. Metodología de laboratorio y modelización. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. España. 525p.

- Thompson, B. (1985). Seedling morphological evaluation: What you can tell by looking. In: Evaluating seedling quality; Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Test. M. L. Duryea (Ed.). Forest Res. Lab., Oregon State University, Corvallis, Or. USA. pp: 59-71.
- Toral, M., Campos, D., Fratti, A. y Varela, R. (2000). Manual de producción de plantas forestales en contenedores. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco, Jalisco, México. 204p.
- Valdés-Rodríguez, O., Muñoz-Gamboa, C., Pérez-Vázquez, A. y Martínez-Pacheco, L. (2014). Análisis y ajuste de curvas de crecimiento de *Moringa oleifera* Lam. en diferentes sustratos. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan, 2(2):66-70.
- Valenzuela, O., Gallardo, C., Alorda, M., García, A. y García D. (2005). Características de los sustratos utilizados por los viveros forestales, *IDIA XXI*. 8:55-57. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/4525/INTA_CRBsAsNorte_EEASanPedro_Valenzuela_Tecnologia_Sustratos.pdf?sequence=1&isAllowed=y