

## Efecto de peso y talla de semilla sobre plántulas de *Moringa* y *Ricinus*

Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez<sup>1</sup>

Arturo Pérez-Vázquez<sup>2§</sup>

Caupolicán Muñoz-García<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Academia de Desarrollo Regional Sustentable-Colegio de Veracruz. Carrillo Puerto núm. 26, Xalapa, Veracruz, México. (andrea.valdes@gmail.com). <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz. Carretera Xalapa-Enríquez km 88, Veracruz. México. <sup>3</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Campus Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1<sup>ra</sup>. Sección, Ciudad de México, México. CP. 09340. (cmg@xnum.uam.mx)

<sup>§</sup>Autor para correspondencia: parturo@colpos.mx.

### Resumen

*Ricinus communis* L. y *Moringa oleifera* Lam. son oleaginosas con aplicaciones industriales que se promueven en suelos pobres. Sin embargo, poco se conoce sobre la relación entre pesos y tallas de sus semillas y su propagación en estos medios. Por lo que una investigación sobre estos factores permitirá determinar sus capacidades de establecimiento reales. Los objetivos de este estudio fueron determinar las relaciones entre pesos y dimensiones de semillas de *Ricinus* y *Moringa* contra germinación y crecimiento de sus plántulas. Se seleccionaron aleatoriamente 80 semillas por especie. Las semillas fueron pesadas y medidas y se germinaron en un sustrato arenoso. Durante dos meses se evaluó el número de días para germinar, la altura y diámetro del tallo, el área foliar, el índice de robustez y la biomasa final, mediante análisis de correlación y regresión con las tallas y pesos de las semillas. Los resultados para ambas especies mostraron menores tiempos de germinación en semillas más ligeras ( $r = -0.27$  para *Ricinus* y  $-0.08$  para *Moringa*), pero también mostraron una correlación positiva entre pesos y variables de crecimiento, siendo mayores en tallos ( $r = 0.41$  para *Ricinus* y  $0.68$  para *Moringa*) y para la biomasa de los tallos ( $r = 0.35$  para *Ricinus* y  $0.53$  para *Moringa*) y las raíces. El largo de la semilla obtuvo la mayor correlación en elongación de tallos para *Ricinus* ( $r = 0.24$ ), mientras que en *Moringa* fue el ancho ( $r = 0.61$ ). Se concluye que semillas más pesadas y grandes producirán plántulas más altas y con raíces más profusas en un sustrato arenoso.

**Palabras clave:** *Moringa oleifera*, *Ricinus communis*, diásporas, plántulas, propagación.

Recibido: septiembre de 2018

Aceptado: noviembre de 2018

## Introducción

Un alto porcentaje de germinación y un crecimiento rápido son claves para la sobrevivencia y el establecimiento de una especie, especialmente en tierras áridas, donde los recursos son muy limitados; por lo que en estos ambientes las plantas dependerán mucho más de la biomasa de sus semillas para la construcción de tejido fotosintético durante su etapa juvenil (Upadhyaya *et al.*, 2007), que de otros factores. El contenido de aceite de una semilla también es importante en estas circunstancias, ya que las reservas de lípidos son útiles para lograr un crecimiento inicial constante y rápido, particularmente en sitios tropicales o subtropicales, donde la competencia entre plántulas es mayor (Sanyal y Decocq, 2016).

Aunque ciertas especies oleaginosas germinan mejor en sustratos áridos, tales como los arenosos, Valdés-Rodríguez *et al.* (2011), una vez que las plántulas terminan sus reservas de nutrientes, los ambientes áridos demandarán mayor energía de éstas para poder sobrevivir y crecer. En este sentido, *Ricinus communis* L. (*Ricinus*) y *Moringa oleifera* Lam. (*Moringa*), ambas originarias de climas subtropicales (Parrotta, 2009; Velázquez-Zavala *et al.*, 2016), son ejemplos de especies con semillas oleaginosas que se caracterizan por un rápido crecimiento inicial (Muhl *et al.*, 2011; Nielsen *et al.*, 2011). Dada su importancia en la industria farmacéutica y energética, existen numerosos reportes sobre su cultivo (Severino y Auld, 2013a; Zayed, 2012), pero no se han localizado estudios que comparan sus tasas de crecimiento ni su establecimiento inicial en relación con el peso y la talla de sus semillas en sustratos arenosos y sin fertilización.

Un análisis de su desempeño en estos ambientes permitiría conocer sus estrategias específicas para establecerse en sitios áridos o degradados, donde se requieren especies propicias para usos industriales que no compitan con las especies alimenticias. Por lo que partiendo de la hipótesis de que los pesos y las tallas de las semillas incidirán positivamente sobre un mayor crecimiento y establecimiento temprano de las plántulas, los objetivos de esta investigación fueron evaluar el efecto de los pesos y las tallas de las semillas de *Ricinus communis* y *Moringa oleifera* sobre: 1) su tiempo de germinación; 2) el crecimiento de las plántulas; y 3) la biomasa final de las plántulas durante su establecimiento temprano en un sustrato arenoso sin fertilización.

## Materiales y métodos

### Selección del material vegetal

Se utilizaron semillas de *R. communis* procedentes del altiplano mexicano (22° 36' 12" latitud norte, 100° 24' 47" longitud oeste), localizadas en un traspatio durante una colecta de germoplasma. El origen del genotipo no pudo ser determinado, pero dadas sus características se consideró de porte medio (2-3 m de altura), de tallo, hoja y racimo color púrpura y frutos y semillas púrpura grisáceo de tamaño medio (SAGARPA-SNICS, 2014).

Las semillas de *M. oleifera* se obtuvieron de una plantación comercial localizada en la región centro sur de México (18° 30' 09" latitud norte 98° 35' 0 14" longitud oeste). El origen del genotipo no fue proporcionado. Las plantas madre tenían alturas promedio entre cuatro y cinco metros, sus vainas una longitud entre 20 y 30 cm y semillas de tamaño y peso medios, en relación con lo reportado para esta especie (Foild *et al.*, 2001; Ayerza, 2011; Oloyede *et al.*, 2015).

La cosecha de ambas especies se realizó tres meses antes de su uso. Para correlacionar sus pesos y dimensiones, se seleccionaron aleatoriamente 240 semillas por especie, y se revisó que estuviesen libres de defectos o daños. Las semillas fueron pesadas con balanza de precisión digital (resolución de 0.001 g) y medidas con vernier digital (resolución de 0.01 mm) sobre tres dimensiones: largo (L), ancho (A) y espesor (E). Para estimar el porcentaje de las reservas y el embrión (almendra) sobre el peso total de la semilla, se extrajeron 80 semillas de la muestra anterior, a las cuales se les eliminó la testa y se les pesó nuevamente. Se estimó la proporción de la almendra como la relación entre el peso de semilla sin testa sobre el peso total de semilla.

### **Sustrato, diseño experimental, condiciones ambientales y variables**

La arena se obtuvo de una duna costera del estado de Veracruz, México. Para analizarla e interpretar los resultados se utilizaron los procedimientos de la NOM-021-SEMARNAT-2000. La textura, por el método AS-09 (Bouyoucos), obtuvo un contenido de arena de 96%, limo 2.5% y arcilla 1.5%, por lo que se consideró arenosa. El pH, por el método AS-02, fue de 7.8 (medianamente alcalino). La materia orgánica y N, por los métodos AS-07 y AS-08, no fueron detectados y se consideraron muy bajos. El P, por el método AS-10, fue de 2.8 mg kg<sup>-1</sup>, por lo que se consideró bajo. Dadas estas características el sustrato se consideró muy bajo en contenido de nutrientos.

El experimento se inició el 1 de septiembre en el Colegio de Postgraduados, *Campus* Veracruz, localizadas en el municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz (19° 11' 55" latitud norte, 96° 09' 07" longitud oeste, 18 m de altitud). Se implementó un arreglo completamente aleatorio en una parcela al aire libre, bajo una malla sombra de 50%, con cada semilla-plántula como unidad experimental y 80 semillas por especie, extraídas de las 220 previamente pesadas y medidas. Las semillas se colocaron en posición vertical, con carúncula hacia abajo para el caso de *Ricinus* y con las alas verticales en el caso de *Moringa* y se enterraron aproximadamente a 1 cm por debajo de la superficie del sustrato; el cual se colocó en bolsas de plástico de 20 cm de fondo por 15 cm de ancho. Las bolsas se regaron diariamente por las mañanas durante todo el experimento.

Las variables a evaluar fueron: día de germinación a partir de la siembra; longitud del tallo en cm (con cinta métrica de 1 mm de precisión), diámetro en la base del tallo en mm (con vernier digital de 0.01 mm de precisión), número de hojas, largo y ancho de cotiledones o primera hoja verdadera cuando éstos ya no estaban presentes (con cintra métrica), en cm. Con las medidas de las hojas se estimó su área foliar conforme ecuaciones descritas para *Ricinus* (Naeem *et al.*, 2011), y mediante cálculo de áreas con hojas escaneadas y procesadas mediante ImageJ versión 1.48 para *Moringa*.

Los tallos se midieron cada tres días, para tener 15 mediciones al final del periodo, mientras que las hojas se midieron cada siete días, con siete registros durante el periodo experimental. La temperatura promedio del periodo experimental, registrada por la estación meteorológica del sitio, fue de 26.9 ±1.2 °C. Al término del experimento las plántulas fueron desenterradas, se midieron las longitudes de sus raíces y posteriormente las plantas fueron separadas en raíz, tallo y hojas; pesadas en fresco y colocadas en estufa secadora a 70 °C hasta temperatura constante, para estimar peso seco. Ambas mediciones se realizaron mediante balanza analítica Ohaus H-5276 (0.001 g).

Para estimar el contenido potencial de aceite en las semillas se tomó una muestra aleatoria de 20 g por especie, se retiró la cascarilla para molerlas en un mortero de porcelana. El proceso de extracción del aceite se realizó por el método Soxhlet utilizando 125 mL de n-hexano como solvente durante 7 h.

## Análisis estadístico

Sobre las medidas de las semillas se obtuvieron sus estadísticas descriptivas (promedio, desviación estándar, coeficiente de variación (CV) y distribución de frecuencias). Para determinar la relación entre peso de semilla y tallas (largo, ancho y espesor), germinación y crecimiento de las plántulas, se correlacionó (mediante el método de Pearson) el peso de semilla contra sus tallas, el número de días para germinar, la longitud y diámetro del tallo, el número de hojas, el área foliar y el índice de robustez (longitud del tallo sobre diámetro de la base) de los 15 muestreos, así como los pesos frescos y secos de las plántulas extraídas. La significancia estadística de las correlaciones se analizó mediante una prueba t de dos colas con niveles de significancia de 0.05 y 0.01. La posible relación entre pesos de semillas y cada carácter evaluado se estimó probando cinco tipos de regresión (lineal:  $y = a + bx$ ; exponencial:  $y = a e^x$ ; potencial:  $a x^b$ ; logarítmica:  $a \ln(x) + b$ ; y cuadrática:  $y = ax^2 + bx + c$ ), y se seleccionó el modelo con el mayor coeficiente de determinación ( $r^2$ ), como el que podría explicar mayor porcentaje de variación, lo que resultó en un total de 1200 modelos probados por especie. Para evaluar correlaciones, modelos y sus regresiones se utilizó el programa SigmaPlot V10.0.

## Resultados y discusión

### Distribuciones de tallas semillas y su potencial energético

Para la variedad de *Ricinus*, tanto las tallas como los pesos de las semillas tuvieron poca dispersión, con mayor abundancia de semillas pesadas (asimetría negativa, como se muestra en la Figura 1). El peso de la almendra constituyó 78% del peso total de la semilla, y su contenido de aceite fue 55%. Estos resultados indican una baja variación en las semillas, si se compara con estudios en otras variedades de *R. communis*, donde se obtuvieron CV de hasta 52% para los pesos (Naeem *et al.*, 2011; Barrios *et al.*, 2013). Un CV bajo, predominio de pesos altos, alto contenido de aceite y alto porcentaje de almendra sobre cascarilla, son característicos de genotipos mejorados (Nielsen *et al.*, 2011; Barrios Gómez *et al.*, 2013), por lo que esta procedencia podría ser considerada como una material élite para su aprovechamiento con fines comerciales.

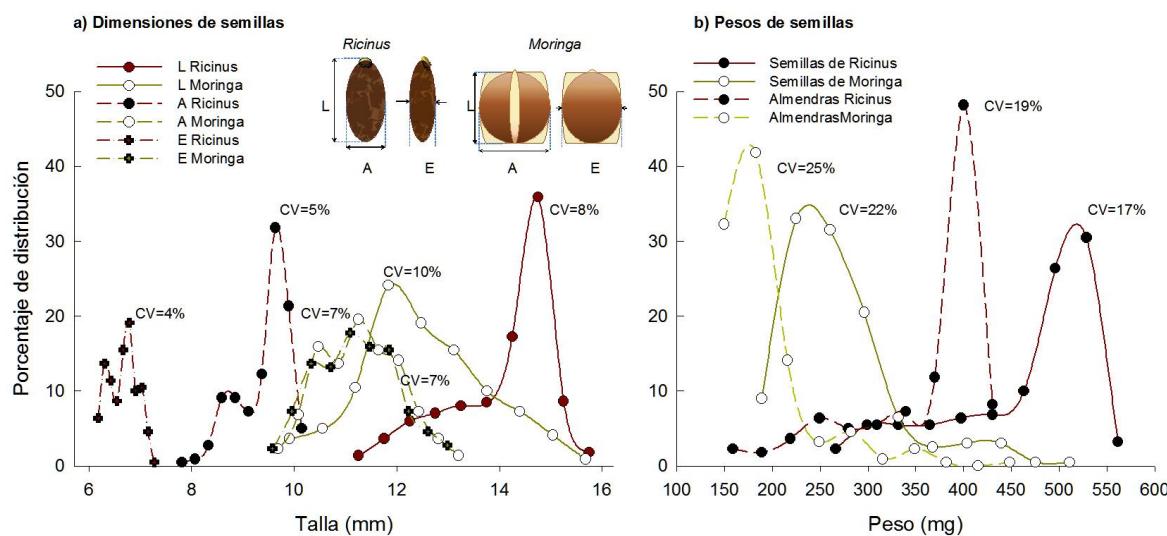


Figura 1. Distribución de tallas y pesos de semillas de *Moringa oleifera* y *Ricinus communis*.

Para *Moringa*, tanto las tallas como los pesos fueron más dispersos, con predominio de semillas ligeras (asimetría positiva, como se muestra en la Figura 1). La variación de los pesos se encontró entre los límites superiores a los reportados para semillas de África y Asia, con valores entre 20 y 22% (Ogunsina, 2006; Ayerza, 2011), excepto por la distribución, que en otras procedencias fue simétrica o tuvo una ligera asimetría negativa ( Foild *et al.*, 2001; Ogunsina, 2006; Ayerza, 2011; Oloyede *et al.*, 2015).

La asimetría positiva en pesos de semillas se atribuye a presiones ambientales en plantas madres o bien a una cosecha prematura en otras oleaginosas tropicales (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2013; Severino y Auld, 2013b), datos que no proporcionaron los productores de esta procedencia, pero se averiguó que las plantas madres provenían de semillas importadas, por lo que su adaptación pudo generar presiones ambientales que incrementaron la dispersión y la cantidad de semillas de bajo peso (Ayala-Cordero *et al.*, 2004). La almendra constituyó 71% del peso total de la semilla, con 34% de aceite, valores similares a los de genotipos comerciales en plantaciones de África, Asia y América, con porcentajes de aceite entre 30 y 42% (Olagbemide y Philip, 2014).

### **Relaciones entre pesos y dimensiones de semillas**

En ambas especies las correlaciones entre pesos y tallas de semillas fueron significativas (Cuadro 1). Aunque solo para *Ricinus* fueron fuertes, con modelos que lograron explicar más del 75% de la variación; mientras que para *Moringa* las correlaciones fueron débiles y los mejores modelos solo explicaron alrededor de 20% de la variación, con resultados similares en otras procedencias de *Moringa* de la India (Ogunsina, 2006).

Estos valores obtenidos se deben a la forma de la cubierta de las semillas, que en *Ricinus* se ajusta a su almendra, lo que genera proporciones muy directas con sus pesos; mientras que la forma de la almendra de *Moringa* difiere de su testa alada (Figura 2), lo que incrementa la variación en sus relaciones. Para ambas especies, las mejores regresiones entre pesos y tallas se obtuvieron con funciones cuadráticas de curvas convexas (Cuadro 1), lo cual indica que las semillas más ligeras tenían cascarillas más grandes en relación con las semillas de peso medio. Aunque no se encontraron análisis similares sobre estas dos especies, una relación análoga se encontró también en semillas mexicanas de *J. curcas* (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2013).

**Cuadro 1. Coeficientes de correlación lineal (*r*) y coeficientes de determinación (*r*<sup>2</sup>) de los modelos de regresión que obtuvieron los mejores ajustes entre pesos, tallas y días para germinar de semillas de *Ricinus communis* y *Moringa oleifera*.**

Especie	Peso-largo		Peso-ancho		Peso-espesor		Peso-días para germinar	
	<i>r</i>	<i>r</i> <sup>2</sup>	<i>r</i>	<i>r</i> <sup>2</sup>	<i>r</i>	<i>r</i> <sup>2</sup>	<i>r</i>	<i>r</i> <sup>2</sup>
<i>Ricinus</i>	0.85**	0.79**	0.84**	0.78**	0.77**	0.76**	-0.27**	0.11*
<i>Moringa</i>	0.47**	0.23**	0.47**	0.21**	0.5**	0.24**	-0.08	0.02

\* = estadísticamente significativa al 5%; \*\* = estadísticamente significativa al 1%.



**Figura 2.** Cortes transversales de semillas de *Moringa oleifera* y *Ricinus communis* donde se observa la relación entre almendras y sus testas.

### Germinación

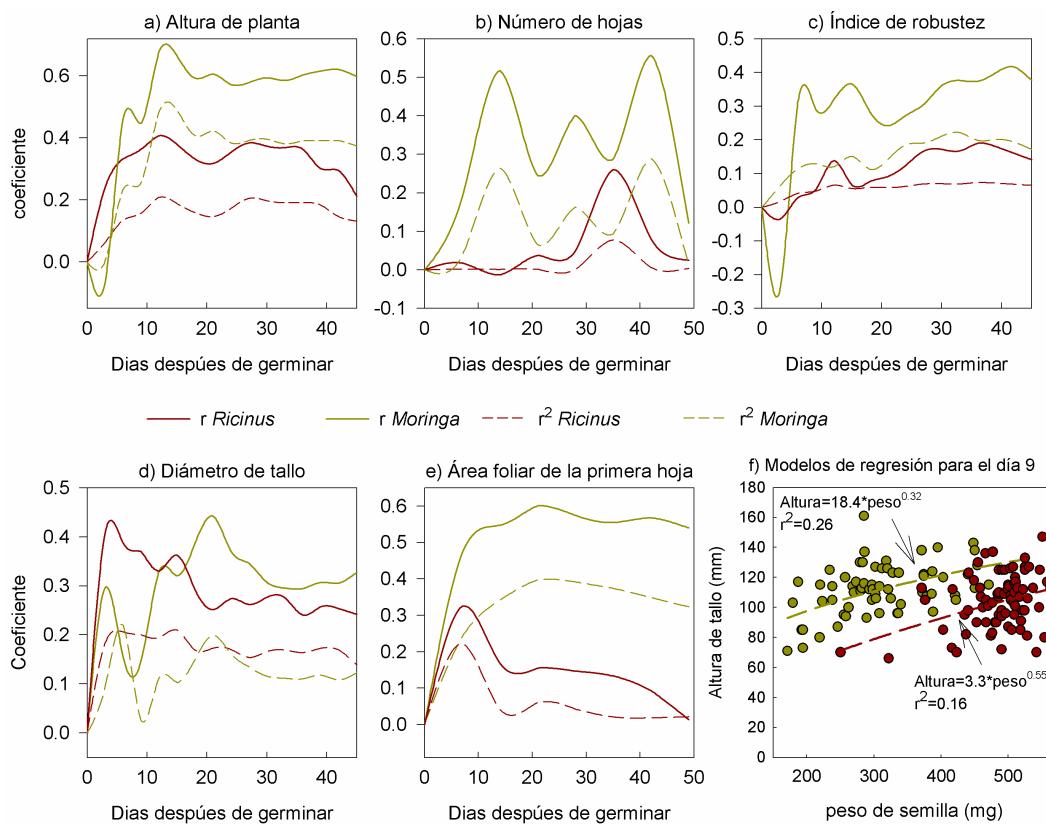
Las semillas de *Ricinus* alcanzaron un porcentaje de germinación del 96%, con tiempo promedio de germinación de 4.7 días, mientras que el porcentaje de *Moringa* fue 95%, con tiempo promedio de germinación de 5.9 días. La correlación entre el peso de la semilla y los días requeridos para germinar fue negativa en ambas especies, aunque solo fue significativa para *Ricinus* (Cuadro 1), con un modelo de regresión potencial ( $y = ax^{-b}$ ), que fue significativo. Para *Moringa* la función de regresión fue cuadrática, pero no fue significativa ( $p = 0.47$ ). Sin embargo, otra especie del género (*Moringa Peregrina*) sí mostró una correlación negativa y significativa entre peso de semilla y días para germinar, así como también otra especie subtropical arbórea de la India (Upadhyaya *et al.*, 2007; Gomaa y Xavier- Picó, 2011).

A este respecto, se ha reconocido que en ciertas especies las semillas más ligeras germinan más rápido para poder establecerse antes y mejorar sus expectativas de vida en relación con sus pares más pesadas (Delgado *et al.*, 2008). Sin embargo, las condiciones climáticas registradas durante este experimento favorecieron tasas de germinación rápidas y altas, tanto en *Moringa* (Tesfay *et al.*, 2016) como en *Ricinus* (Ribeiro *et al.*, 2015), por lo que se considera que se requieren otras pruebas que incluyan un mayor estrés ambiental para incrementar estas relaciones; ya que los factores ambientales pueden promover respuestas diversas en las semillas, dependiendo de su biomasa o tamaño (Cordazzo, 2002).

### Crecimiento de plántulas y su relación con el peso de la semilla

La mayor correlación entre pesos y tallas de plántulas se observó en la altura de *Moringa* ( $r = 0.68$ ; Figura 3), seguida por el área foliar ( $r = 0.60$ ), altamente significativa ( $p < 0.001$ ) en ambos casos. La mejor regresión se obtuvo con un modelo potencial, que explicó 50% de la variación de la altura. En *Ricinus* las mayores correlaciones se obtuvieron con el diámetro del tallo ( $r = 0.41$ ) y la altura ( $r = 0.40$ ) y fueron altamente significativas ( $p < 0.001$ ). La mejor regresión dio un modelo cuadrático que predijo 21% de la variación del diámetro. Correlaciones positivas,

aunque menores ( $r= 0.55$ ), entre peso de semilla y longitud del tallo también se obtuvieron en experimentos con *Moringa Peregrina* en un sustrato árido (Gomaa and Xavier Picó, 2011) y en plántulas de *Ricinus* de 15 días con un modelo cuadrático ( $r^2= 0.13$ ) (Naeem *et al.*, 2011), así como en otra oleaginosa (*Jatropha curcas*) en sustrato arenoso pobre en nutrientes (Valdés *et al.*, 2014).

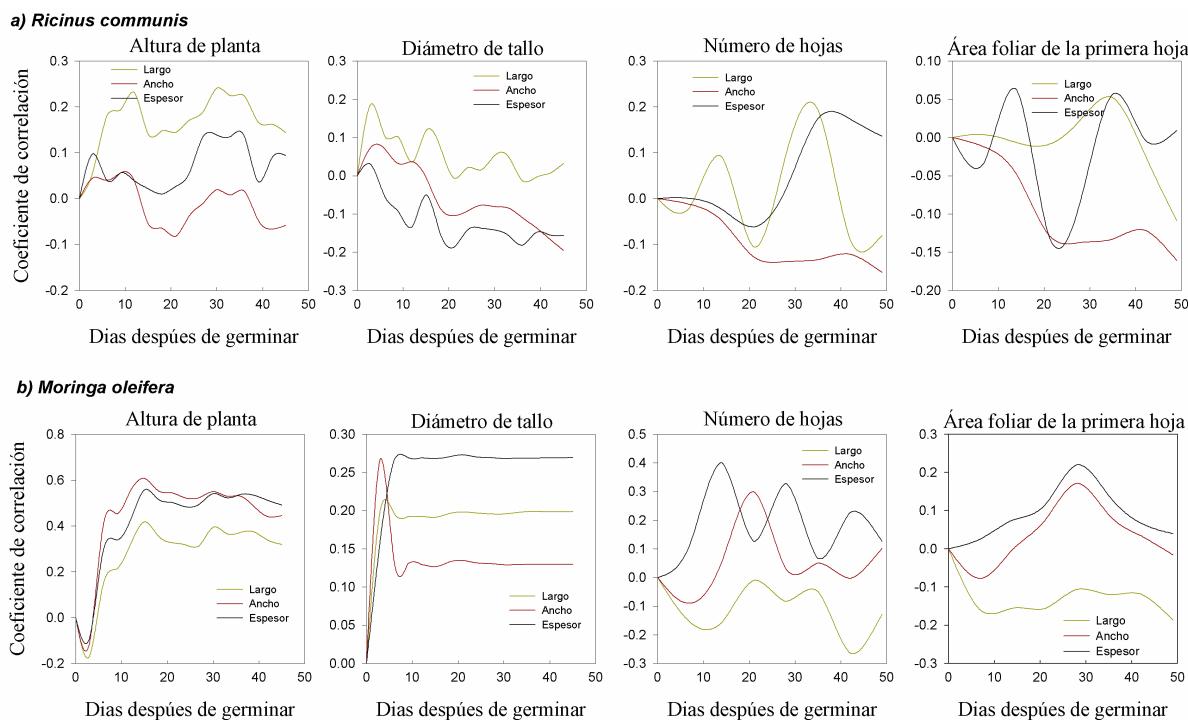


**Figura 3. Coeficientes de correlación (r) y de determinación ( $r^2$ ) de los modelos obtenidos entre pesos de semilla y variables de crecimiento de plántulas de *Moringa oleifera* y *Ricinus communis*. La figura f) muestra dos ejemplos de modelos obtenidos para definir la relación entre peso de semilla y altura de planta en *Moringa* y *Ricinus* al noveno día después de la emergencia.**

La relación con el índice de robustez no mostró significancia para *Ricinus* y tuvo una correlación débil, aunque significativa, en *Moringa* ( $p< 0.05$ ), lo que indica que las plántulas de semillas pesadas fueron relativamente más esbeltas. En las raíces las correlaciones con los pesos de las semillas fueron positivas y muy significativas ( $p< 0.01$ ) para *Moringa* en sus longitudes máximas ( $r= 0.42$ ) y los diámetros de sus pivotantes ( $r= 0.44$ ), seguidas por el número de raíces laterales ( $r= 0.24$ ), mientras que para *Ricinus* las correlaciones altamente significativas fueron para el diámetro de su pivotante ( $r= 0.45$ ), el diámetro promedio de sus raíces laterales ( $r= 0.35$ ) y el número de laterales ( $r= 0.39$ ). Las raíces más gruesas y en mayor cantidad en plántulas de semillas más pesadas implican que parte de los recursos energéticos de la semilla se invirtieron en estos órganos (Kabeya y Sakai, 2003), algo muy importante en ambientes con recursos limitados, como en este sustrato arenoso.

## Crecimiento de plántulas y su relación con las tallas de la semilla

Para *Ricinus* la mayor correlación entre crecimiento y dimensiones de semilla se obtuvo entre el largo de semilla y la longitud del tallo ( $r= 0.24$ ). Estos resultados fueron congruentes con lo reportado en tallos de plántulas de *Ricinus* de 15 días correlacionadas con las dimensiones de sus semillas, donde se reportó una  $r= 0.34$  para esta relación (Naeem *et al.*, 2011), misma que se podría explicar porque el eje del embrión está directamente relacionado con el largo de la semilla, por lo que semillas más largas pudieron desarrollar tallos más largos (Figura 4a). Mientras que las dimensiones de la semilla no parecieron tener efectos significativos sobre el diámetro del tallo, numero de hojas o área foliar. Para *Moringa* el ancho y el espesor de la semilla fueron las dimensiones con correlaciones más altas encontradas en la longitud del tallo ( $r= 0.61$  y  $0.56$ , respectivamente), mientras que el número de hojas y el diámetro de tallo tuvieron correlaciones menores con estas medidas (Figura 4b). Al respecto no se encontraron reportes sobre estas relaciones en *Moringa*, pero el hecho de que fuese el ancho y el espesor de la semilla las medidas con mayores correlaciones podrían deberse a que semillas más gruesas poseen mayores reservas para nutrir a la plántula (Fotouo-M *et al.*, 2015). En ambas especies las dimensiones de la semilla que mejor correlacionaron con su peso fueron las que mayor correlación tuvieron con las dimensiones de la plántula emergente.



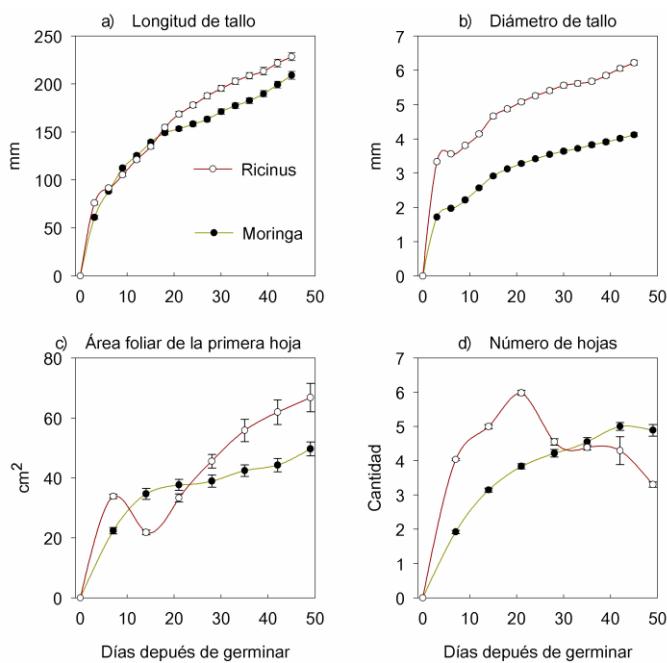
**Figura 4. Coeficientes de correlación (r) entre pesos de semilla y variables de crecimiento de plántulas de *Moringa oleifera* y *Ricinus communis*.**

Las mayores correlaciones tanto en peso como en tallas de semilla obtenidas con *Moringa* pudieron deberse a la forma en que ésta germina, considerada como hipógea-criptocotilar, donde los cotiledones se mantienen como reservas para la planta hasta por 25 días posteriores a su

germinación (Ramos *et al.*, 2010; Fotouo-M. *et al.*, 2015), mientras que en *Ricinus* la germinación es epigea y las reservas del albumen se consumen al emerger los cotiledones, que se transforman en tejido fotosintético (Severino y Auld, 2013a).

De acuerdo con esta estrategia se considera que el alto contenido energético de las semillas de *Ricinus* les proporciona una emergencia vigorosa, con hojas grandes, tallos más altos y gruesos, que le permiten aprovechar mejor la energía solar para producir más follaje y elevarse sobre otras plantas que pudiesen competir en el mismo sustrato (Sanyal y Decocq, 2016) (Figura 5).

Por su parte, *Moringa* emerge con tallos más delgados y pequeños, así como un área foliar mucho menor, pero las reservas de su semilla le permiten mantener un crecimiento constante aun en sustratos pobres, como este suelo arenoso, donde se observó que después de 27 días *Ricinus* dejó de producir follaje e inició su defoliación (aunque fue justamente en esta etapa cuando las plántulas de semillas más pesadas lograron mantener un mayor número de hojas), mientras que *Moringa* logró mantener un incremento de 9.0 % en el número de hojas hasta el día 42 (Figura 5d). Lo cual indica que *Moringa*, al provenir de ambientes más áridos (Parrotta, 2009), ha desarrollado una estrategia para consumir las reservas de sus semillas por un tiempo más largo y así tener mayores oportunidades de establecerse en sustratos menos fértiles.



**Figura 5. Curvas de crecimiento de tallos, área foliar y número de hojas en plántulas de *Ricinus* y *Moringa*.**

### Biomasa de plántulas contra pesos de semillas

Para los pesos secos de las plantas el tallo fue el que mayor correlación positiva y significativa registró contra el peso de la semilla en ambas especies (Cuadro 3), seguido de la raíz y las hojas. De acuerdo con los análisis de regresión, para ambas especies el mejor ajuste se obtuvo con un modelo potencial, donde el peso de las semillas explicó 21% de la variación de la biomasa de los

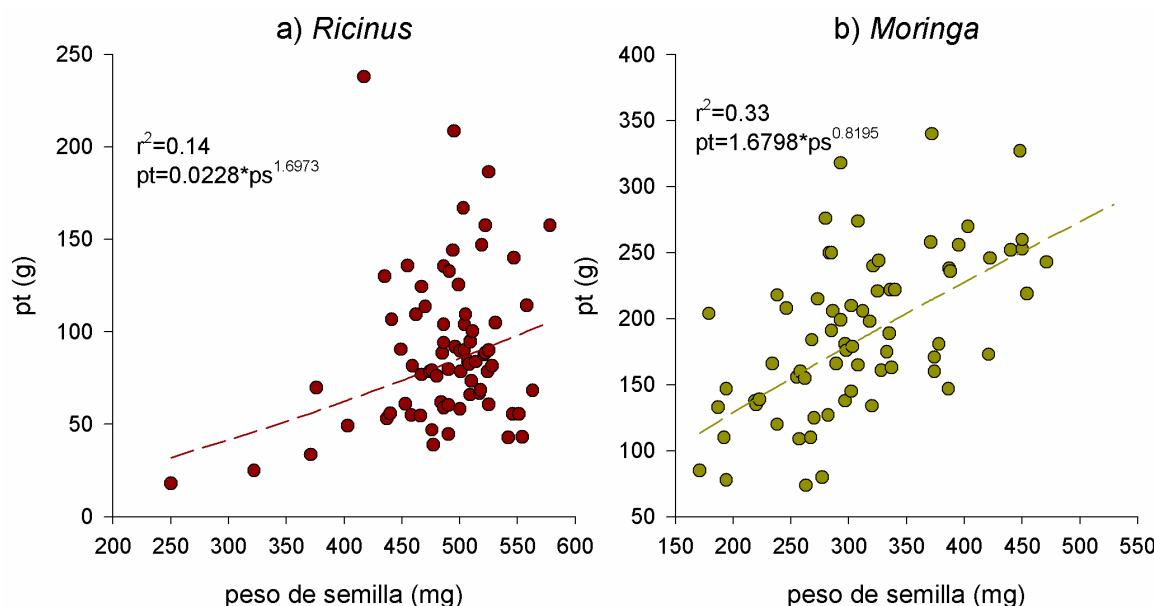
tallos de *Ricinus* y 33% de los de *Moringa*; así como también 15% de la variación de la biomasa de la raíz en *Ricinus* y 28% en *Moringa*. Resultados similares se encontraron con otras semillas de *Ricinus* y sus plántulas de 15 días, donde un modelo cuadrático obtuvo una  $r^2$  de 0.34 (Naeem *et al.*, 2011).

**Cuadro 3. Coeficientes de correlación y de determinación de los modelos obtenidos entre pesos de semilla y pesos frescos y secos de plántulas de 49 días.**

Especie	Hojas				Tallos				Raíces			
	Fresco		Seco		Fresco		Seco		Fresco		Seco	
	r	$r^2$	r	$r^2$								
<i>Ricinus</i>	0.1	0.04	0.14*	0.05	0.35**	0.14*	0.24**	0.21	0.11*	0.08	0.27*	0.15
<i>Moringa</i>	0.32*	0.16	0.34**	0.15	0.53**	0.27*	0.58**	0.33	0.54**	0.3	0.5**	0.28

\* = estadísticamente significativa al 5%; \*\* = estadísticamente significativa al 1%.

Los modelos obtenidos indican que el peso de las semillas influyó positivamente en los pesos finales de los tallos de sus plántulas (Figura 6). Aunque la menor capacidad predictiva de los modelos para *Ricinus* se debió a la alta variación en la biomasa de sus plantas, que a los 49 días ya eran completamente autótrofas, mientras que en *Moringa* todavía se encontraron algunas semillas adheridas a la base de los tallos, lo cual implica que sus reservas se pudieron estar consumiendo durante más de 25 días (Ramos *et al.*, 2010).



**Figura 6. Modelos obtenidos para relacionar peso de semillas (ps) contra peso seco de tallos (pt) de plántulas de *Moringa* y *Ricinus*.**

En relación con los órganos, otra investigación con plántulas recién emergidas de *Q. crispula* indicó que las reservas de su semilla se transportan también a las raíces para mantenerse en caso de que los tallos sean comidos por depredadores (Kabeya y Sakai, 2003). Por lo que se puede considerar que la biomasa de estas semillas incidió más en los tallos, para que las plantas lograran mayores

alturas y pudiesen competir mejor por luz y las raíces, para ser más profusas y asegurar mejor su sobrevivencia al explorar más ampliamente un medio ambiente pobre en recursos, como el sustrato donde se encontraban.

## Conclusiones

El peso y las dimensiones de las semillas de *Moringa oleifera* tuvieron un efecto positivo y altamente significativo sobre el crecimiento de sus tallos, área foliar y raíces, mismo que se mantuvo durante 49 días, dada su germinación hipogea. Mientras que en *Ricinus* los efectos del peso y tallas de sus semillas también incidieron positivamente sobre estas variables, pero en menor proporción y tiempo, dada su germinación epigea; por lo que, aunque ambas especies se beneficiarán de una mejor propagación con semillas pesadas y grandes, será *Moringa* la que mejores ventajas tendrá en un sustrato arenoso pobre.

## Literatura citada

- Ayala, C. G.; Terrasas, T.; López, M. L. y Trejo, C. 2004. Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeae*. *Interciencia*. 29:692-697.
- Ayerza, R. 2011. Seed yield components, oil content, and fatty acid composition of two cultivars of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) growing in the Arid Chaco of Argentina. *Ind. Crops Prod.* 33:389-394. doi:10.1016/j.indcrop.2010.11.003.
- Barrios, G. E. J.; Colmenero, Z. A.; Canul, K. J.; Hernández, A. M. G.; Alarcón, C. N. y Chepetla, C. V. H. 2013. Evaluación de materiales élite de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en Morelos. *Cienc. Tecnol. Agrop. México*. 1:27-32.
- Cordazzo, C. V. 2002. Effect of seed mass on germination and growth in three dominant species in southern Brazilian coastal dunes. *Braz. J. Biol.* 62:427-35.
- Delgado, J. A.; Serrano, J. M.; López, F. and Acosta, F. J. 2008. Seed size and seed germination in the Mediterranean fire-prone shrub *Cistus ladanifer*. *Plant Ecol.* 197:269-276. doi:10.1007/s11258-007-9376-8.
- Foild, N.; Makkar, H. P. S. and Becker, K. 2001. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. In: Fuglie, L. J. (Ed.). *The miracle tree: the multiple attributes of Moringa*. Church World Service, Dar Es Salaam. 45-76 pp.
- Gomaa, N. H. and Xavier, P. F. 2011. Seed germination, seedling traits, and seed bank of the tree *Moringa peregrina* (*Moringaceae*) in a hyper-arid environment. *Am. J. Bot.* 98:1024-1030. doi:10.3732/ajb.1000051.
- Kabeya, D. and Sakai, S. 2003. The role of roots and cotyledons as storage organs in early stages of establishment in *Quercus crispula*: a quantitative analysis of the nonstructural carbohydrate in cotyledons and roots. *Ann. Bot.* 92:537-545. doi:10.1093/aob/mcg165
- Muhl, Q. E.; Du Toit, E. S. and Robbertse, P. J. 2011. *Moringa oleifera* (Horseradish tree) leaf adaptation to temperature regimes. *Int. J. Agric. Biol.* 13:1021-1024.
- Naeem, A.; Khan, D.; Zaki, M. J. and Al, E. T. 2011. Seed and seedling size relationship in Castor (*Ricinus communis* L.). *Int. J. Biol. Biotech.* 8:613-622.
- Nielsen, F.; Banana, H.; de Jongh, J. and Fact-Arrakis, 2011. Castor (*Ricinus communis*). Potential of castor for bio-fuel production, 2<sup>nd</sup> (Ed.). FACT Foundation. FACT. Wageningen, Netherlands.

- Ogunsina, B. S. 2006. Some engineering properties of drumstick (*Moringa oleifera*) seeds. *J. Agric. Eng. Technol.* 22:1-88.
- Olagbemide, P. T. and Philip, C. N. A., 2014. Proximate analysis and chemical composition of raw and defatted *Moringa oleifera* Kernel. *Adv. Life Sci. Technol.* 24:92-100.
- Oloyede, D. O.; Aviara, N. A. and Shittu, S. K. 2015. Measurement of engineering properties necessary to the design of drumstick (*Moringa oleifera* L.) pod sheller. *J. Biosyst. Eng.* 40:201-211.
- Parrotta, J. 2009. *Moringa oleifera*. In: Roloff, A.; Weisgerber, H.; Lang, U.; Stimm, B. (Eds.), *Enzyklopädie Der Holzgewächse*. Wiley-Vch, Weinheim. 1-8 pp.
- Ramos, L. M.; Costa, R. S.; Môro, F. V. e Silva, R. C. 2010. Morfología de frutos e sementes e morfofuncão de plântulas de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). *Comun. Sci.* 1:156-160.
- Ribeiro, P. R.; Willems, L. A. J.; Mutimawurugo, M. C.; Fernandez, L. G.; de Castro, R. D.; Ligterink, W. and Hilhorst, H. W. M. 2015. Metabolite profiling of *Ricinus communis* germination at different temperatures provides new insights into thermo-mediated requirements for successful seedling establishment. *Plant Sci.* 239:180-191. doi:10.1016/j.plantsci.2015.08.002.
- SAGARPA, SNICS, 2014. Higuerilla (*Ricinus communis* L.) Guía técnica para la descripción varietal, 1<sup>st</sup> (Ed.). SAGARPA, México.
- Sanyal, A. and Decocq, G. 2016. Adaptive evolution of seed oil content in angiosperms: accounting for the global patterns of seed oils. *BMC Evol. Biol.* 16:187. doi:10.1186/S12862-016-0752-7.
- Severino, L. S. and Auld, D. L. 2013a. A framework for the study of the growth and development of castor plant. *Ind. Crops Prod.* 46 doi:10.1016/j.indcrop.2013.01.006.
- Severino, L. S. and Auld, D. L. 2013b. Seed abortion and the individual weight of castor seed (*Ricinus communis* L.). *Ind. Crops Prod.* doi:10.1016/j.indcrop.2013.06.031.
- Tesfay, S. Z.; Modi, A. T. and Mohammed, F. 2016. The effect of temperature in moringa seed phytochemical compounds and carbohydrate mobilization. *South African J. Bot.* 102:190-196. doi:10.1016/j.sajb.2015.07.003.
- Upadhyaya, K.; Pandey, H. N. and Law, P. S. 2007. The Effect of Seed Mass on Germination, Seedling Survival and Growth in *Prunus jenkinsii* Hook. f. & Thoms. *Turk. J. Bot.* 31: 31-36.
- Valdés, R. O. A.; García, E. R., Sánchez, S. O. y Pérez, V. A. 2011. Aislamiento y patogenicidad de un posible *Pythium aphanidermatum* en *Jatropha Curcas* L. no tóxica. *Trop. Subtrop. Agroecosys.* 14:649-660.
- Valdés, R. O. A.; Pérez, V. A. and Martínez, A. J. 2014. Effects of seed weight and substrate on germination and growth of non-toxic *Jatropha curcas* L. Seedlings. *Annu. Res. Rev. Biol.* 4:4232-4245. doi:10.9734/ARRB/2014/11697.
- Valdés, R. O. A.; Sánchez, S. O.; Pérez, V. A. y Zavala, A. I. 2013. Alometría de semillas de *Jatropha curcas* L. mexicanas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 967-978.
- Velázquez, Z. M.; Peón, E. I. E.; Zepeda, B. R. y Jiménez, A. M. A. 2016. Moringa (*Moringa oleifera* Lam.): usos potenciales en la agricultura, industria y medicina. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 22:95-116. doi:10.5154/r.rchsh.2015.07.018.
- Zayed, M. S. 2012. Improvement of growth and nutritional quality of *Moringa oleifera* using different biofertilizers. *Ann. Agric. Sci.* 57:53-62. doi:10.1016/j.aoas.2012.03.004.