

VARIACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS SEMILLAS DE *Azadirachta indica* A. Juss. DE DOS PROCEDENCIAS EN MÉXICO

Teresita del Niño Jesús Marín Hernández¹,
Pilar de la Garza López de Lara¹, Efraín Velasco Bautista¹,
Felipe Nepamuceno Martínez¹, Hugo Ramírez Maldonado²
y Manuel E. Ovando Cruz³

RESUMEN

Azadirachta indica (neem) es un árbol valioso de uso múltiple, originario de la India, país en el que se ha utilizado como planta medicinal, nematocida, insecticida y para elaborar carbón; sus propiedades bioinsecticidas se atribuyen a una amalgama de compuestos naturales conocidos como limonoides; el más importante de ellos es el azadiractín que se concentra en las semillas. Debido a la demanda creciente de plaguicidas de origen natural, el neem se introdujo a finales de los 80 en varios estados de México, en los que se desarrolló exitosamente; en Oaxaca, la Sociedad de Solidaridad Social Ecosta Yutu Cuii, S. de S. S. estableció en 1992 una plantación con material procedente de dos orígenes geográficos, India y Filipinas. El neem produce frutos con una amplia variabilidad de tamaños que no ha sido evaluada en las plantaciones de México. Este trabajo se enfocó a la caracterización morfológica de las semillas para proponer una selección de individuos con base en esos rasgos. El material se obtuvo en Oaxaca, donde se recolectaron semillas de 30 árboles por origen geográfico, a cada una de las cuales se les midió el largo, ancho y se determinó su peso. Los resultados mostraron que este último tuvo diferencias significativas, entre y dentro de las procedencias; en cambio las variables ancho y largo sólo tienen diferencias significativas entre árboles en cada procedencia. No obstante, se discute que la mejor materia prima para el producto final, el azadiractín, es la originaria de la India.

Palabras clave: *Azadirachta indica*, azadiractín, neem, procedencias, selección, variación de semillas.

Fecha de recepción: 09 de noviembre de 2005.

Fecha de aceptación: 14 de junio de 2006.

¹ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF), INIFAP. Correo-e: marin.teresita@inifap.gob.mx

² División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

³ Campo Experimental Río Grande, C.I.R. Pacífico Sur, INIFAP.

ABSTRACT

Azadirachta indica (neem) is a valuable multipurpose species, native of India where it has been used as a medicinal, nematicide, insecticide and as a wood charcoal source. Its bioinsecticide properties have been attributed to different compounds known as limonoids, being azadirachtin one of the most important, and that concentrates in the seeds. Because of the growing need to use natural products to prevent pest attacks, neem was introduced to Mexico by the end of the 80's where the species can grow; one of them is the state of Oaxaca where, in 1992, the Social Solidarity Association Ecosta Yutu Cuii, S. de S. S. established one plantation using seed from two geographical origins (India and The Philippines). Neem trees produce fruits highly variable in size, a feature that has not been assessed in Mexico. This study focused on the characterization of seeds to propose the selection of trees based on morphological traits. In the Oaxaca plantation, seeds were collected from 30 trees of each geographical origin. Length, width and weight were measured in every seed. Results show significant differences between and inside provenances for the weight of the seed, while the length and width had none significant differences between provenances, but they did inside provenances. The discussion emphasizes that the Indian provenance produced the best results for azadirachtin.

Key words: *Azadirachta indica*, azadirachtin, neem, provenances, selection, seed variation.

INTRODUCCIÓN

Los plaguicidas de síntesis química representan un riesgo para todo tipo de organismos, incluyendo al hombre, ya que en su mayoría son neurotóxicos (Isman, 1990). Una alternativa es el uso de compuestos biológicos debido a que tienen baja toxicidad hacia el ambiente, son más selectivos y biodegradables (Qi *et al.*, 2001). Por ello se ha intensificado la investigación en la búsqueda de extractos de plantas con efectos insecticidas para ser aplicados en los cultivos tanto en el campo, como durante su almacenamiento (Boeke *et al.*, 2004). Una de las plantas más estudiadas es *Azadirachta indica* A. Juss. (neem), cuyas propiedades bioinsecticidas han sido atribuidas a una amalgama de compuestos naturales conocidos como limonoides (Mordue y Blackwell, 1993; Singh *et al.*, 2002). El más importante de ellos es el azadirachtin que se concentra en las semillas (Tewari, 1992; Shumutterer, 1990).

Azadirachta indica pertenece a la familia Meliaceae y es originaria del sudeste asiático, crece en regiones de selva tropical caducifolia en un intervalo altitudinal de 50 a 1500 m y precipitaciones entre 150 y 200 mm, aunque prospera mejor por debajo de los 1000 m y 450 mm. Es una especie valiosa por la diversidad de usos

que se le han dado: sus hojas son aprovechadas como forraje; su madera para leña y en la construcción (Tewari, 1992); presenta propiedades anticonceptivas (Talwar *et al.*, 1997; Parshad *et al.*, 1997), fungicidas (Suresh *et al.*, 1997; Steinhauer, 1999) e insecticidas, y es por estas últimas que ha sido introducida en diversas regiones del mundo desde hace más de 50 años. La importancia del neem se ve reflejada en la gran cantidad de artículos científicos que se han publicado sobre su utilización en el control de plagas y nemátodos; acerca de sus efectos anticancerígenos; aspectos químicos de su metabolismo como la diversidad de su contenido de ácidos grasos, así como la composición y variación de diferentes metabolitos secundarios.

Su llegada a México se remonta a fines de los años 80, como un ensayo experimental en la región árida de Nuevo León y Baja California Sur (Osuna y Meza, 2001). En 1992 se hizo una plantación comercial más amplia en la Costa de Oaxaca, por parte de la Sociedad de Solidaridad Social Ecosta Yutu Cuii, con semilla procedente de India y Filipinas (Reyes, 2000). A mediados de los años 90, mediante el Programa Nacional de Reforestación (PRONARE) se extendió su distribución a otros estados de la República. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) inició un programa de investigación sobre el neem, lo que propició que la especie se incorporara a sus campos experimentales tropicales. En la actualidad existen plantaciones de *Azadirachta indica* en Baja California Sur, Sinaloa, Sonora, San Luis Potosí, Tamaulipas, Nayarit, Michoacán, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Morelos y Nuevo León (Nepamuceno *et al.*, 2000).

Las semillas de *A. indica* son muy diferentes en tamaño y forma (Figura 1), misma que ha sido asociada con la constante producción de azadiractín; al respecto se citan valores de 0.75 g/kg a 3.5 g/kg en semillas de diversos orígenes (Morgan, citado por Tewari, 1992). Lo anterior sugiere una gran disponibilidad para la selección y mejoramiento genético de la especie, con base en el supuesto de que los niveles de variación, entre y dentro de las poblaciones reúnen la información evolutiva que fundamenta los programas respectivos (Furnier, 1997). En este contexto, los estudios sobre la variación de las semillas entre procedencias y genotipos son escasos en México, aún cuando se han utilizado como material de propagación.

A fin de poder recomendar los atributos que hagan posible la selección de individuos de *Azadirachta indica*, el objetivo de esta investigación consistió en estimar la variación entre y dentro de las procedencias (India y Filipinas) correspondiente a las características de largo, ancho y peso de las semillas de árboles plantados en Oaxaca, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio está situada en Río Grande, Municipio de San Pedro Tututepec, Oaxaca a 17° 59' latitud norte y 97° 25' longitud oeste, con una altitud de 999 m; temperatura máxima de 31.7°C, mínima de 21.6°C y la media anual de 26.6°C; una precipitación anual de 1202 mm.

Se muestrearon dos procedencias, India y Filipinas; de cada una se escogió a 30 árboles sanos con frutos maduros, discriminando los ejemplares de los bordes de la plantación. La recolecta fue en hileras, dentro de las cuales se eligió el 5° árbol y en él se recolectó 1 kg de frutos, mismos que se despulparon y secaron a la sombra; de ellos se tomaron 15 semillas al azar, a las que se les midió el largo y ancho con un vernier electrónico Line Master® de aproximación a centésimas de milímetro; su peso se obtuvo con una balanza analítica de 0.01 mg marca Sartorius®.

Se determinó la existencia de diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre árboles de cada procedencia para todas las variables evaluadas mediante un análisis de varianza con el modelo lineal para el diseño anidado de dos etapas con el factor árbol anidado en procedencia (Montgomery, 2002).

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + A(P)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = variable de respuesta
- μ = efecto de la media general
- P_i = efecto de la i -ésima procedencia
- $A(P)_{ij}$ = efecto del j -ésimo árbol anidado en la i -ésima procedencia
- e_{ijk} = error aleatorio.

Posteriormente se realizó la comparación de medias por el método de Tukey HSD para determinar los grupos homogéneos de árboles de cada procedencia. Todos los análisis se hicieron en el paquete estadístico SAS versión 8 (Sall *et al.*, 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variación morfológica en los frutos y semillas de las plantaciones de neem fue desde formas redondas hasta alargadas (Figura 1), lo que se ve reflejado en los análisis que enseguida se discuten.

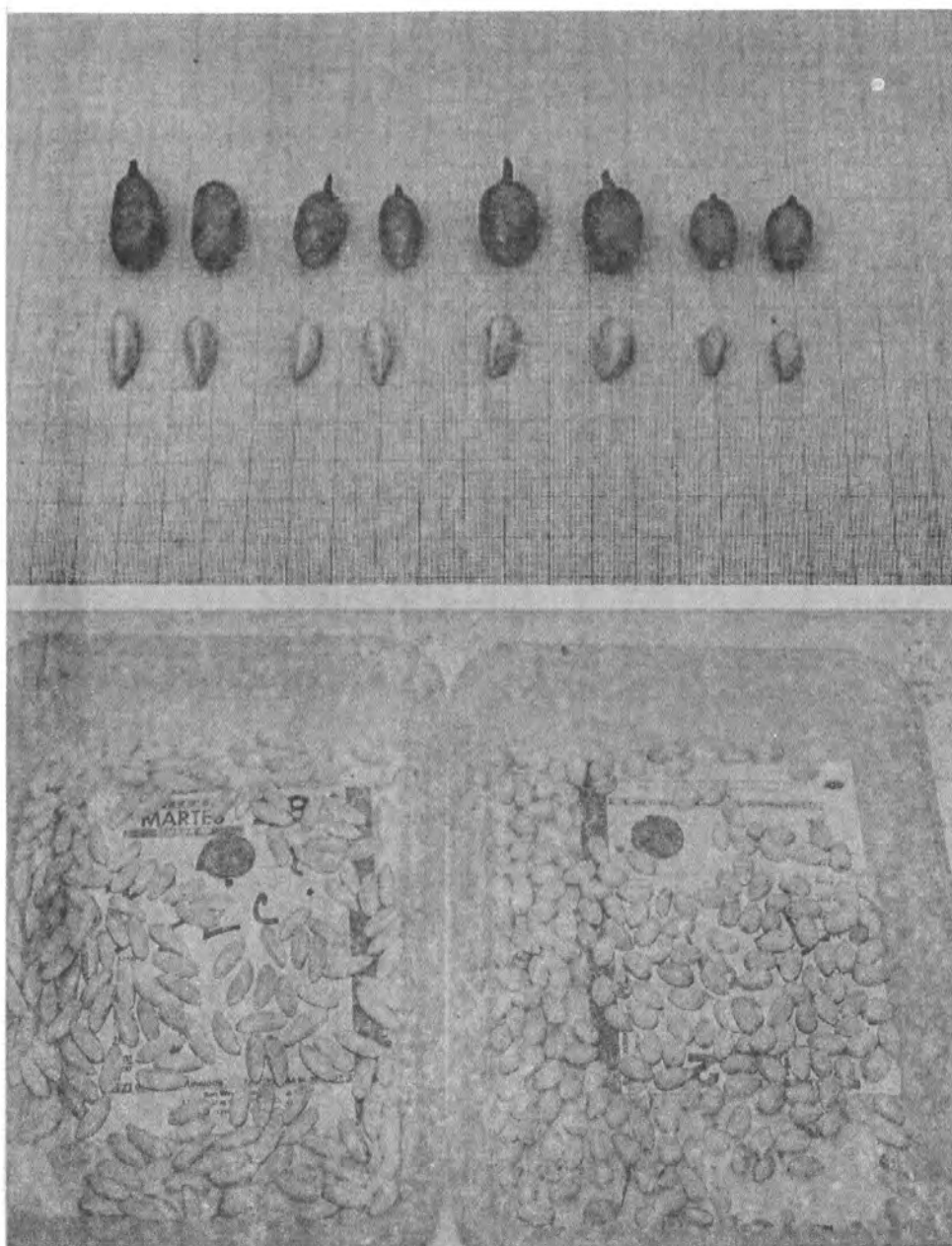


Figura 1. Variabilidad de forma y tamaño de las semillas del neem.

Peso de la semilla

El análisis de varianza permitió observar la existencia de diferencias significativas ($p < 0.05$) entre procedencias y árboles dentro de cada origen geográfico para esta variable (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza para el peso de las semillas de *Azadirachta indica*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Valor de p
Modelo	59	1.9106	0.0324	19.53	<.0001
Error	791	1.3115	0.0017		
Total corregido	850	3.2221			
Procedencia	1	0.1664	0.1664	5.59	0.0214
Árbol/procedencia	58	1.7339	0.0299	18.03	<.0001

La prueba de Tukey entre procedencias identificó dos grupos, de los cuales el de la India tuvo un valor medio mayor con respecto al de Filipinas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Grupos generados de acuerdo a la prueba de Tukey a nivel de procedencia.

Origen	Grupo	Grupo	Media
India	A		0.3072
Filipinas		B	0.2791

La misma prueba para los árboles dentro del nivel de procedencias reveló que el grupo A está conformado por ejemplares originarios de la India, excepto el árbol 21 de Filipinas que lo encabeza. Un comportamiento similar se presentó para los grupos B y C (Cuadro 3), por lo que se puede afirmar que los árboles de la India, en general, son los que ostentan los pesos de las semillas más elevados.

Los grupos W y X en su mayor parte incluyen individuos de Filipinas (Cuadro 3), lo cual significa que los valores mínimos para la característica de interés corresponden a dicha procedencia.

En las figuras 2 y 3 se advierte que al analizar este componente con el modelo del diseño anidado, los supuestos de varianza constante y de normalidad de los errores no han sido violados. El estadístico de Durbin-Watson resultó ser de 1.88 (cercano a 2); por lo tanto, tampoco hay señal de autocorrelación de los errores.

Cuadro 3.- Grupos generados con el peso de la semilla de acuerdo a la prueba de Tukey a nivel de árbol dentro de procedencia.

Procedencia/árbol	Media
[200]21 A	0.4188
[100]24 A B	0.4035
[100]21 A B C	0.3937
[100]11 A B C D	0.3851
[100]18 A B C D E	0.3760
[100]13 A B C D E F	0.3580
[200]10 B C D E F G	0.3485
[100]26 B C D E F G H	0.3449
[200]8 B C D E F G H I J	0.3374
[100]4 C D E F G H I	0.3354
[100]14 C D E F G H I J	0.3346
[100]23 C D E F G H I J K L	0.3307
[100]20 D E F G H I J K	0.3265
[100]30 D E F G H I J K L M N	0.3258
[200]17 D E F G H I J K L M	0.3252
[100]9 D E F G H I J K L M N	0.3239

continúa...

continuación Cuadro 3...

Procedencia/árbol	Media
[200]30 D E F G H I J K L M N O	0.3219
[100]15 E F G H I J K L M N O P	0.3153
[100]22 E F G H I J K L M N O P	0.3142
[100]29 E F G H I J K L M N O P Q	0.3132
[100]27 F G H I J K L M N O P Q R	0.3077
[100]28 F G H I J K L M N O P Q R	0.3048
[200]19 F G H I J K L M N O P Q R S	0.2994
[100]5 F G H I J K L M N O P Q R S	0.2971
[200]7 F G H I J K L M N O P Q R S	0.2967
[200]27 G H I J K L M N O P Q R S T	0.2936
[200]6 G H I J K L M N O P Q R S T	0.2925
[200]23 G H I J K L M N O P Q R S T	0.2920
[200]26 G H I J K L M N O P Q R S T	0.2903
[200]16 G H I J K L M N O P Q R S T	0.2871
[200]15 H I J K L M N O P Q R S T	0.2859
[100]7 H I J K L M N O P Q R S T U	0.2855
[100]10 H I J K L M N O P Q R S T U	0.2843
[200]2 H I J K L M N O P Q R S T U	0.2836
[100]3 H I J K L M N O P Q R S T U	0.2824
[200]3 I J K L M N O P Q R S T U V	0.2759
[200]11 I J K L M N O P Q R S T U V	0.2748
[200]5 J K L M N O P Q R S T U V	0.2740

continúa...

continuación Cuadro 3...

Procedencia/árbol		Media
[100]12	I J K L M N O P Q R S T U V	0.2728
[100]1	K L M N O P Q R S T U V	0.2702
[200]29	K L M N O P Q R S T U V	0.2693
[100]6	L M N O P Q R S T U V	0.2656
[100]17	L M N O P Q R S T U V	0.2645
[100]2	K L M N O P Q R S T U V	0.2635
[200]4	M N O P Q R S T U V	0.2633
[200]24	N O P Q R S T U V	0.2631
[200]20	O P Q R S T U V	0.2619
[100]16	O P Q R S T U V W	0.2599
[200]9	P Q R S T U V W X	0.2584
[200]28	Q R S T U V W X	0.2504
[200]25	R S T U V W X	0.2495
[200]22	R S T U V W X	0.2485
[200]13	S T U V W X	0.2411
[200]1	S T U V W X	0.2400
[100]8	T U V W X	0.2336
[200]18	T U V W X	0.2331
[100]19	U V W X	0.2245
[100]25	V W X	0.2181
[200]14	W X	0.1998
[200]12	X	0.1979

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes. 100 = India y 200 = Filipinas.

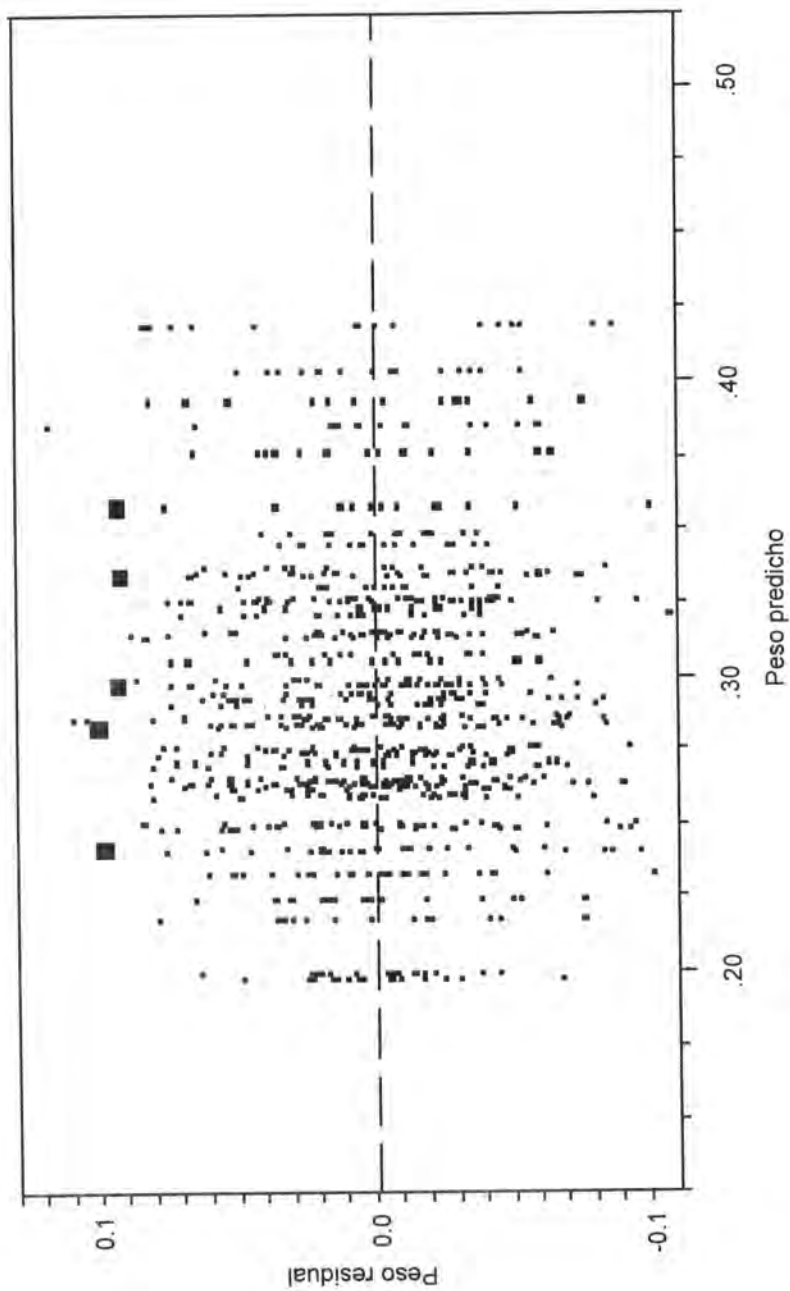


Figura 2. Dispersión de los residuales para la variable peso de la semilla.

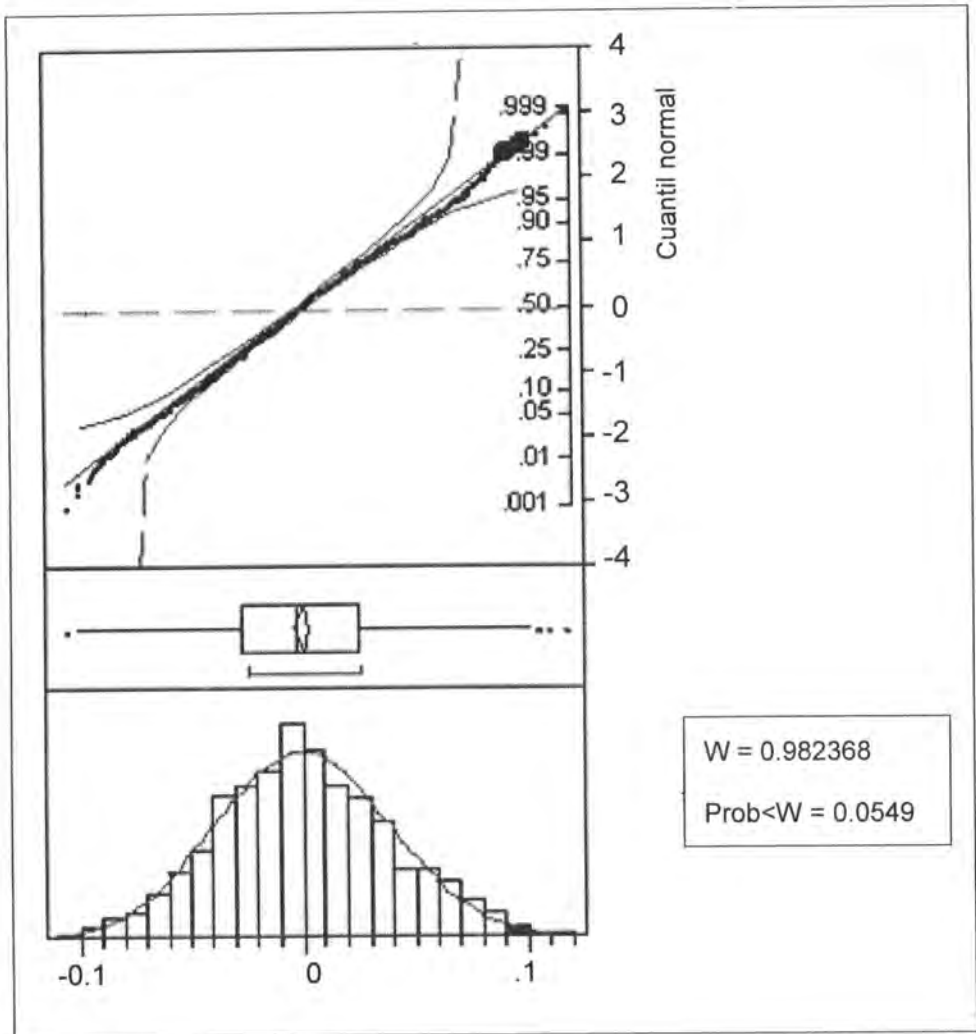


Figura 3. Distribución normal de los residuales para la variable peso de la semilla.

En el Cuadro 4 se presenta la distribución de los componentes de la varianza.

Cuadro 4. Componentes de la varianza estimados.

Componente	Componente de varianza estimado	Porcentaje del total
Árbol/procedencia	0.0020	54.56
Residual	0.0017	45.44
Total	0.0036	100.00

Largo y ancho de la semilla

El análisis de varianza correspondiente al largo y ancho indica que no existen diferencias significativas ($p > 5$) entre procedencias, pero sí a nivel de árboles dentro de ellas ($p < 0.05$) (cuadros 5 y 6).

Cuadro 5. Análisis de varianza para el largo de las semillas de *Azadirachta indica*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Valor de p
Modelo	59	1621.255	27.4789	38.44	<.0001
Error	838	599.0292	0.7148		
Total corregido	897	2220.284			
Procedencia	1	98.715	98.7150	3.76	0.0573
Árbol/procedencia	58	1522.34	26.2473	36.72	<.0001

Cuadro 6. Análisis de varianza para el ancho de las semillas de *Azadirachta indica*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Valor de p
Modelo	59	148.2713	2.5131	19.20	<.0001
Error	791	103.5402	0.1309		
Total corregido	850	251.8115			
Procedencia	1	0.7052	0.7052	0.28	0.5995
Árbol/procedencia	58	147.3310	2.5402	19.41	<.0001

La prueba de Tukey en ambas variables aplicada entre árboles dentro de procedencias destaca que tanto en el grupo A, como en el B hay representantes de India y de Filipinas (cuadros 7 y 8). Entonces, los valores más elevados para estas características pertenecen a individuos de ambos orígenes. El mismo patrón se aprecia para los tamaños mínimos del largo de la semilla, concretamente en los grupos U y V. Un resultado interesante fue que 50% de los 22 datos de ancho de la semilla que integraron el grupo V, correspondieron a la India, es decir los valores bajos pertenecen a las dos procedencias (Cuadro 8).

Cuadro 7. Grupos generados con el largo de la semilla de acuerdo a la prueba de Tukey nivel de árbol dentro de procedencia.

Procedencia/árbol	Media
[100]14 A	17.5027
[200]20 A B	17.4667
[100]24 A B	17.3833
[200]6 A B C	16.5020
[200]27 A B C	16.4947

continúa...

continuación Cuadro 7...

Procedencia/árbol	Media
[100]6 A B C D	16.3553
[100]7 B C D E	16.2387
[100]4 B C D E	16.2327
[100]29 C D E F	16.0893
[100]15 C D E F G	15.9147
[100]26 C D E F G	15.9060
[200]8 C D E F G H	15.8053
[100]11 C D E F G H	15.7964
[100]18 C D E F G H	15.7880
[100]13 C D E F G H I	15.6927
[200]30 C D E F G H I J	15.5387
[200]23 C D E F G H I J K	15.5273
[100]21 C D E F G H I J K	15.5060
[200]3 C D E F G H I J K	15.4947
[200]21 C D E F G H I J K	15.4740
[100]23 C D E F G H I J K L	15.3680
[100]10 C D E F G H I J K L M	15.3367
[200]17 C D E F G H I J K L M N	15.2773
[200]1 C D E F G H I J K L M N	15.2547
[100]22 D E F G H I J K L M N	15.2193

continúa...

continuación Cuadro 7...

Procedencia/árbol	Media
[200]19 D E F G H I J K L M N	15.1860
[100]27 D E F G H I J K L M N	15.1387
[100]25 E F G H I J K L M N	15.0573
[100]3 F G H I J K L M N O	14.9660
[200]10 F G H I J K L M N O	14.9500
[100]28 F G H I J K L M N O	14.9093
[100]12 F G H I J K L M N O P	14.8993
[100]9 F G H I J K L M N O P Q	14.8773
[200]12 G H I J K L M N O P Q	14.7187
[100]17 G H I J K L M N O P Q	14.6747
[100]5 H I J K L M N O P Q R	14.5847
[200]15 I J K L M N O P Q R	14.5093
[200]22 J K L M N O P Q R	14.4147
[200]7 J K L M N O P Q R	14.3280
[200]16 K L M N O P Q R	14.2660
[200]24 L M N O P Q R	14.1713
[100]20 L M N O P Q R	14.1253
[200]13 L M N O P Q R	14.1200
[200]11 M N O P Q R	14.0987
[100]2 L M N O P Q R	14.0914
[200]29 N O P Q R S	14.0320

continuación Cuadro 7...

Procedencia/árbol		Media
[200]18	O P Q R S T	13.7473
[200]5	P Q R S T	13.6400
[100]30	Q R S T	13.6207
[100]8	R S T U	13.4000
[200]2	R S T U	13.3380
[200]4	S T U V	12.7940
[100]1	T U V	12.7440
[100]19	T U V	12.6613
[200]25	T U V	12.6233
[200]28	T U V	12.5067
[100]16	U V	12.3240
[200]9	U V	12.2587
[200]14	V	12.0005
[200]26	V	11.9707

100 = India y 200 = Filipinas.

Cuadro 8. Grupos generados con el ancho de la semilla de acuerdo a la prueba de Tukey nivel árbol dentro de procedencia.

Procedencia/árbol	Media
[100]21 A	7.8850
[200]21 A B	7.8375
[200]15 A B	7.8314
[100]23 A B C	7.7329
[100]13 A B C D	7.5979
[200]28 A B C D E	7.5243
[100]30 A B C D E F	7.4977
[100]24 A B C D E F	7.4960
[100]9 A B C D E F	7.4793
[200]10 A B C D E F G	7.4436
[200]6 A B C D E F G	7.4327
[100]18 A B C D E F G H	7.3867
[200]29 A B C D E F G H	7.3860
[200]26 A B C D E F G H I	7.3793
[100]1 B C D E F G H I J	7.3200
[200]4 B C D E F G H I J K	7.3093
[100]4 B C D E F G H I J K	7.3007
[100]11 A B C D E F G H I J K L	7.3000
[100]20 B C D E F G H I J K	7.2971
[200]9 C D E F G H I J K L M N	7.1785

continúa...

continuación Cuadro 8...

Procedencia/árbol	Media
[200]22 D E F G H I J K L M	7.1720
[100]26 D E F G H I J K L M N	7.1636
[100]27 D E F G H I J K L M N O	7.1300
[100]22 D E F G H I J K L M N O P Q	7.0477
[200]1 E F G H I J K L M N O P	7.0453
[200]16 E F G H I J K L M N O P	7.0353
[100]16 F G H I J K L M N O P Q R	6.9643
[200]7 F G H I J K L M N O P Q R S T	6.9369
[100]10 G H I J K L M N O P Q R S	6.9287
[200]8 G H I J K L M N O P Q R S	6.9240
[200]17 G H I J K L M N O P Q R S T	6.8938
[200]11 H I J K L M N O P Q R S T	6.8780
[200]5 H I J K L M N O P Q R S T	6.8493
[100]7 I J K L M N O P Q R S T	6.8279
[100]6 J K L M N O P Q R S T U	6.8040
[200]13 J K L M N O P Q R S T U	6.8008
[100]28 J K L M N O P Q R S T U	6.7927
[200]2 J K L M N O P Q R S T U	6.7827
[200]19 K L M N O P Q R S T U V	6.7657
[100]12 K L M N O P Q R S T U V	6.7562

continúa...

continuación Cuadro 8...

Procedencia/árbol	Media
[100]5	L M N O P Q R S T U V 6.7243
[200]3	L M N O P Q R S T U V 6.7207
[100]29	L M N O P Q R S T U V 6.7046
[100]19	M N O P Q R S T U V 6.6720
[100]14	N O P Q R S T U V 6.6287
[200]23	M N O P Q R S T U V 6.6138
[200]25	O P Q R S T U V 6.6127
[200]14	O P Q R S T U V 6.6127
[100]15	O P Q R S T U V 6.6067
[200]30	O P Q R S T U V 6.6057
[100]2	P Q R S T U V 6.5500
[100]3	P Q R S T U V 6.5308
[200]27	Q R S T U V 6.4933
[100]17	Q R S T U V 6.4873
[200]24	R S T U V 6.4587
[200]20	S T U V 6.3993
[100]8	S T U V 6.3980
[200]18	T U V 6.3721
[100]25	U V 6.2538
[200]12	V 6.2373

100 = India y 200 = Filipinas.

En las figuras 4, 5, 6 y 7 se observa que al analizar las variables largo y ancho de la semilla con el modelo del diseño anidado, los supuestos de varianza constante y de normalidad de los errores no han sido violados. El estadístico de Durbin-Watson para el largo resultó de 2.06 y en el caso del ancho fue de 1.95 (cercanos a 2); es decir, no hay señal de autocorrelación de los errores.

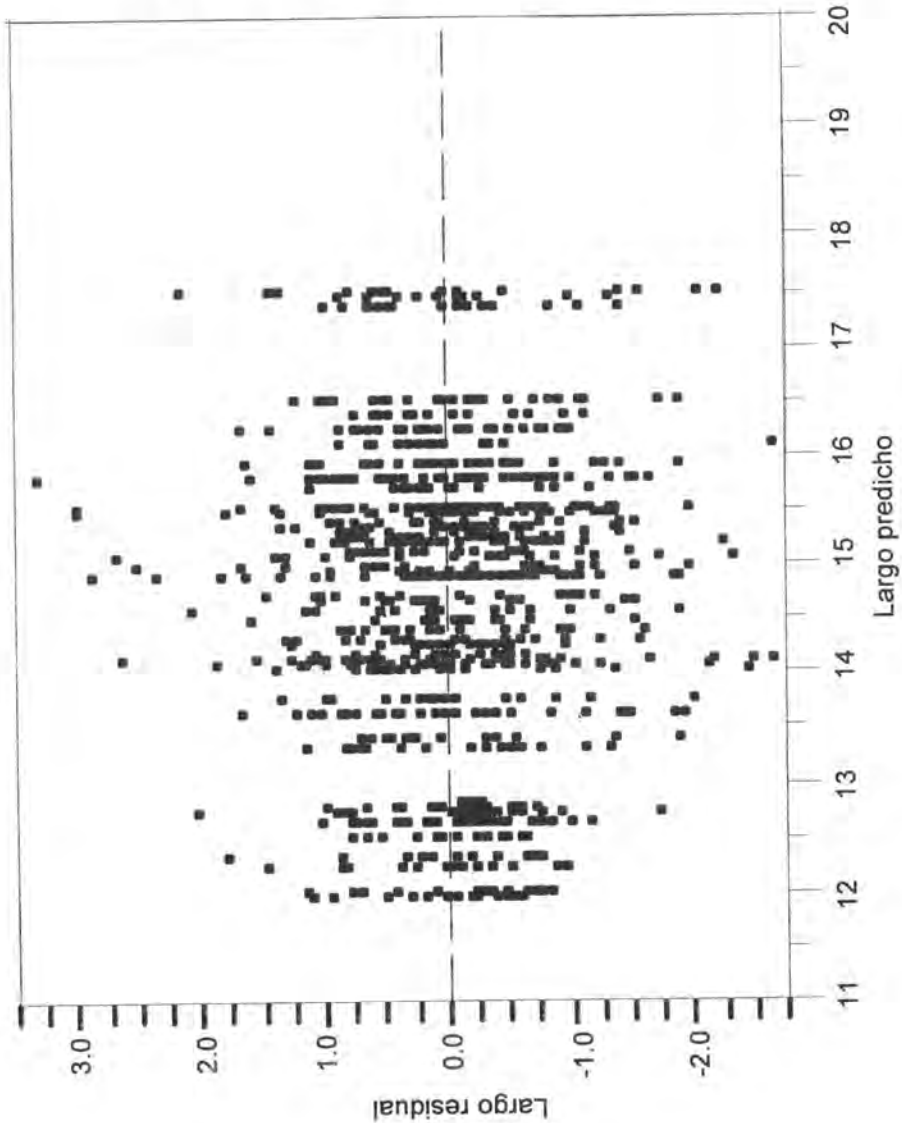


Figura 4. Dispersión de los residuales para la variable largo de la semilla.

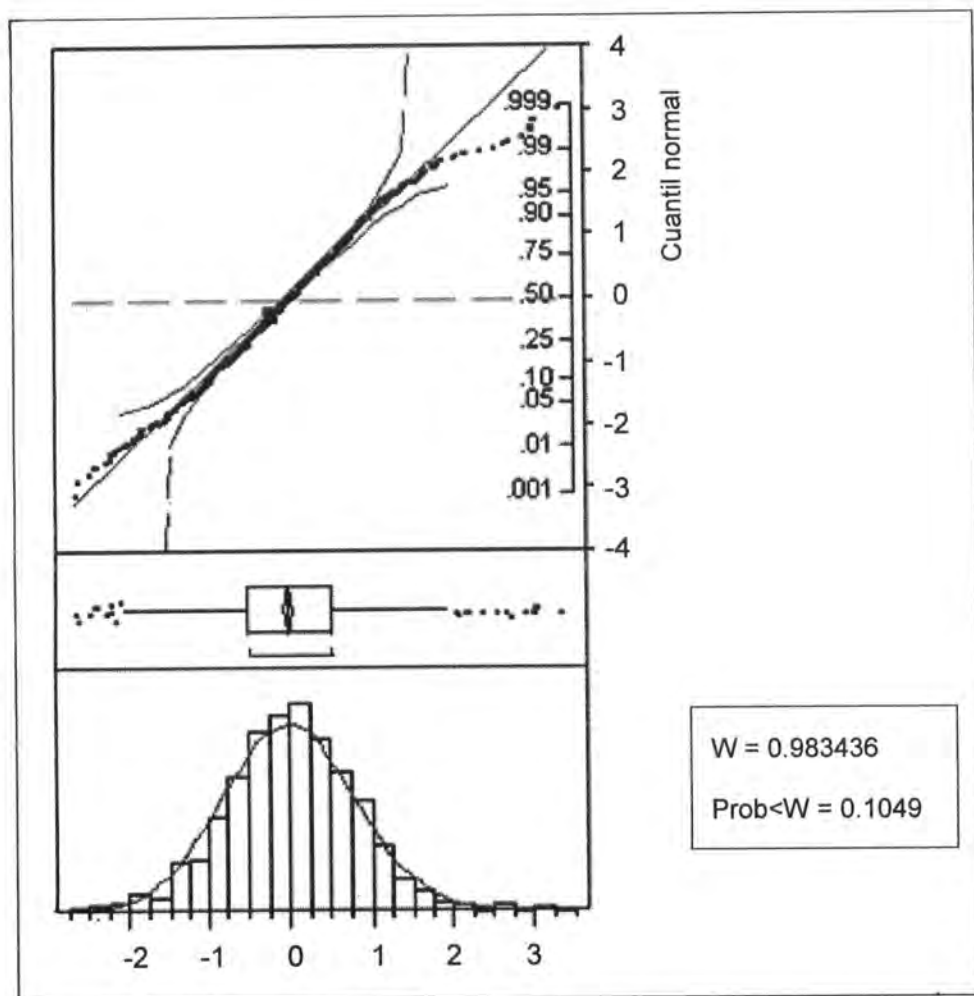


Figura 5. Distribución normal de los residuales para la variable largo de la semilla.

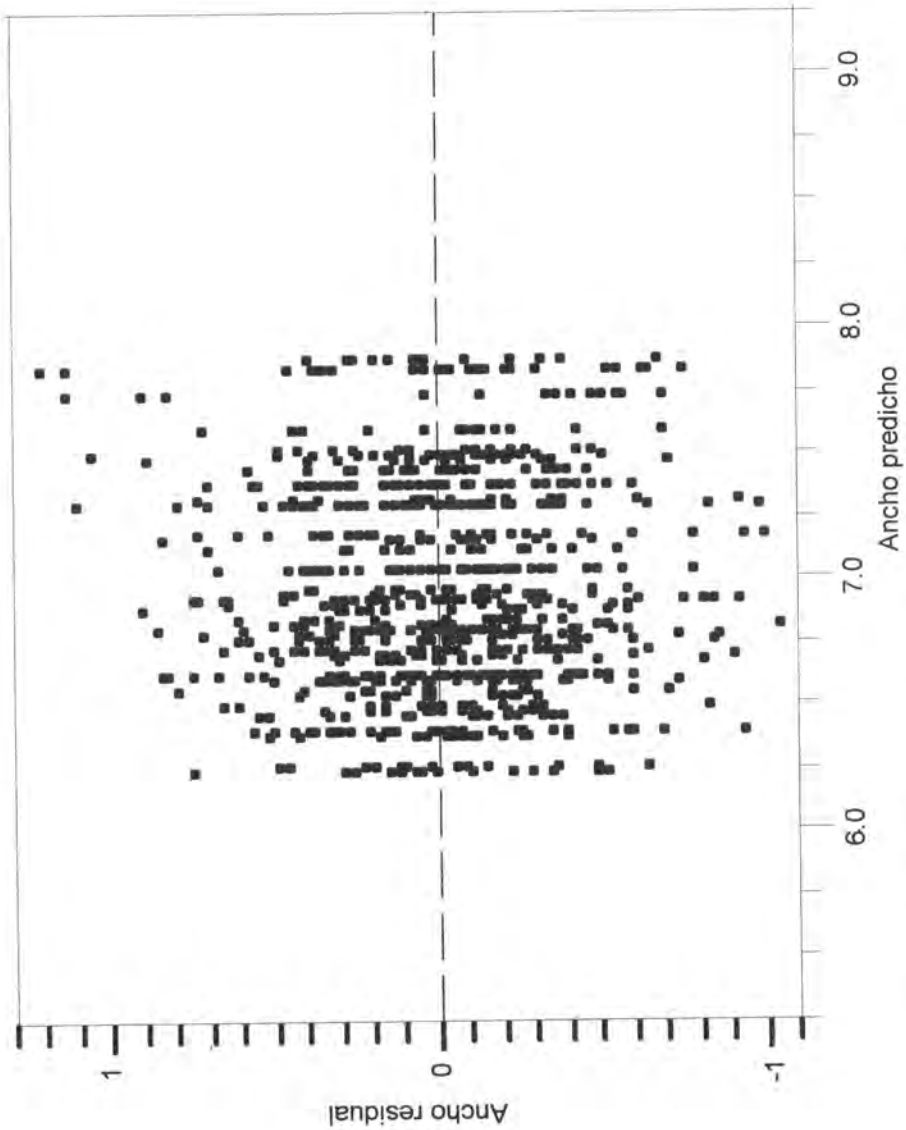


Figura 6. Dispersión de los residuales para la variable ancho de la semilla.

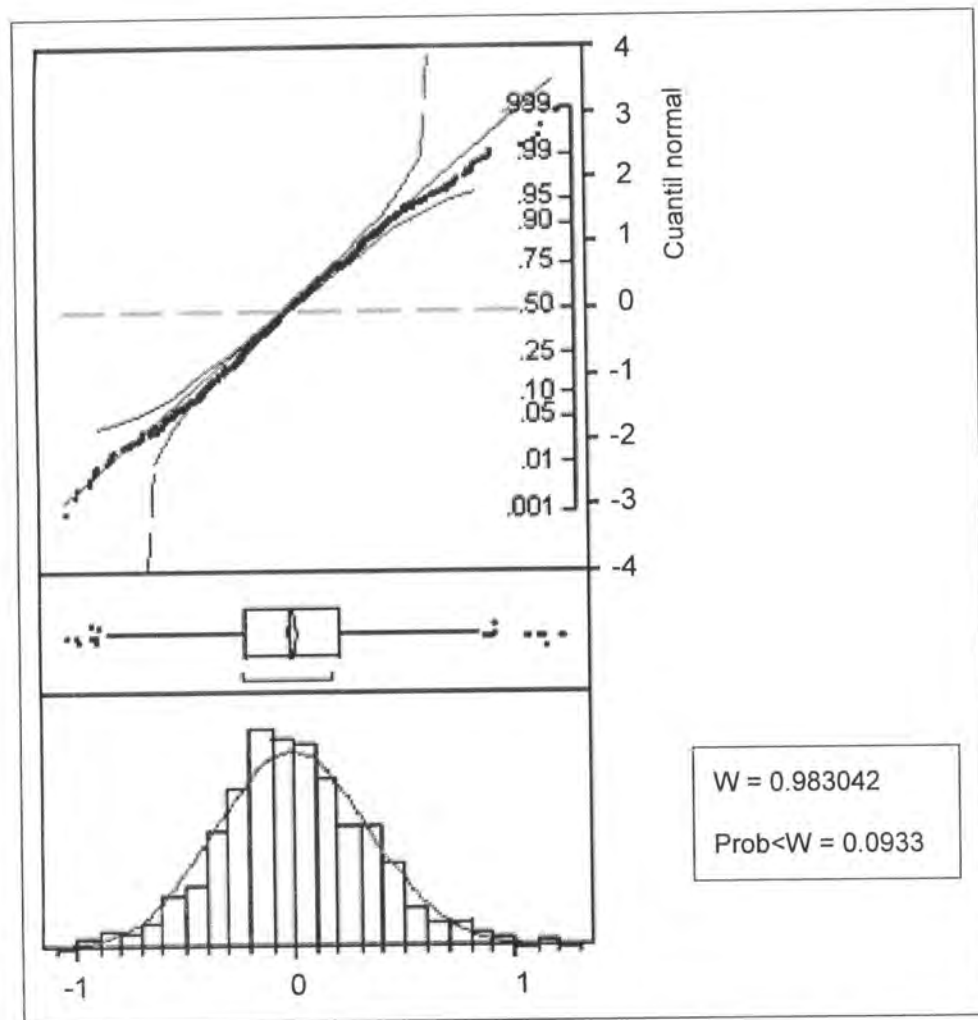


Figura 7. Distribución normal de los residuales para la variable ancho de la semilla.

La distribución de los componentes de la varianza para largo y ancho se muestran en los cuadros 9 y 10.

Cuadro 9. Componentes estimados de la varianza relativos al largo de la semilla.

Componente	Componente de varianza estimado	Porcentaje del total
Árbol/procedencia	1.7060	70.47
Residual	0.7148	29.53
Total	2.4208	100.00

Cuadro 10. Componentes estimados de la varianza relativos al ancho.

Componente	Componente de varianza estimado	Porcentaje del total
Árbol/procedencia	0.1699	56.48
Residual	0.1309	43.52
Total	0.3008	100.00

De acuerdo a los cuadros 3, 7 y 8, el árbol 4 de la India tuvo valores altos en las tres variables estudiadas; así mismo, el número 21 los registró para el peso y el ancho de la semilla, lo que sugiere que esa procedencia ha tenido un proceso de selección más exhaustivo que la de Filipinas.

Este trabajo es un aporte a los estudios de selección de las semillas del neem, los cuales se han efectuado con otros enfoques tales como: determinación del contenido de metabolitos (Ermel, 1995; Sidhu *et al.*, 2003), de ácidos grasos (Kumar y Parmar, 1997; Kaushik y Vir, 2000), o la variabilidad de su efecto insecticida (Kumar *et al.*, 2000). Con base en lo obtenido en la presente investigación, se propone elegir el peso de las semillas como criterio para la selección de árboles productores, ya que las concentraciones de azadiractín se han citado como mg kg^{-1} de semilla (Sidhu *et al.*, 2003). Además, el coeficiente de la variable peso por árbol muestra una baja dispersión (Cuadro 11).

Cuadro 11. Coeficiente de variación del peso de las semillas procedentes de India y Filipinas por árbol.

Número de árbol	Porcentaje Filipinas	Porcentaje India
1	29	39
2	27	36
3	26	34
4	26	24
5	26	24
6	25	23
7	23	23
8	22	23
9	22	23
10	21	22
11	20	21
12	19	20
13	19	19
14	19	18
15	18	18
16	18	18
17	18	17
18	17	17
19	17	17
20	17	16
21	16	16
22	16	15
23	14	15
24	14	14
25	13	13
26	13	11
27	12	11
28	12	10
29	11	9
30	10	8
General	26	26

Los árboles elegidos pueden ser reproducidos asexualmente por medio de micropropagación, lo que ha sido registrado con éxito (Gautam *et al.*, 1993; Joshi y Thengane, 1996; Chaturverdi *et al.*, 2004), o bien por el método de injerto, para acortar tiempos de producción, que también ha dado buenos resultados (Ovando, 2001).

CONCLUSIONES

La mejor procedencia de semillas de neem es la de la India; sin embargo, dada la gran variabilidad observada, la selección debe hacerse por árbol individual.

De las características estudiadas, el peso de la semilla es la variable propuesta para su selección, ya que el contenido de aceite se cita en función de éste.

Con base en la gran variabilidad existente en las características de las semillas, es posible llevar a cabo un programa de mejoramiento genético para *Azadirachta indica*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean manifestar su reconocimiento al señor Heladio Reyes Cruz, representante de la Sociedad de Solidaridad Social, Ecosta Yutu Cuii, por las facilidades otorgadas para obtener el material vegetal utilizado en el presente trabajo.

REFERENCIAS

- Boeke, S. J., M. G. Boersma, G. M. Alink, J. J. A. Van Loon, A. Van Huis, M. Dicke and I. M. C. M. Rietjens. 2004. Safety evaluation of neem (*Azadirachta indica*) derived pesticides. *J. of Ethnopharmacology* 94: 25-41.
- Chaturvedi, R., M. K. Razdan and S. S. Bhojwani. 2004. *In vitro* clonal propagation of an adult tree of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) by forced axillary branching. *Plant Science* 166: 501-506.
- Ermel, K. 1995. Azadirachtin content of neem seed kernels from different regions of the world. *In: H. Schmutterer* (Ed). *The neem tree, source of unique natural products for integrated pest management, medicine, industry and other proposes*. VCH, Weinheim, Germany. pp. 89-92.
- Furnier, G. R. 1997. Métodos para medir variación genética en las plantas. *In: J. Vargas H., B. Bermejo V. y T. F. Ledig.* (Eds). *Manejo de recursos genéticos forestales*. USDA-FS, FAO / SEMARNAP. México. pp. 23-36.
- Gautam, V. K., K. Nanda and S .C. Gupta. 1993. Development of shoots and roots in anther-derived callus of *Azadirachta indica* A. Juss.- a medicinal tree. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 34: 13-18.

- Isman, M. B. 1990. Insecticidal and antifeedant bioactivities of neem oils and their relationship to azadirachtin content. *J. Agric. Food Chem.* 38(6):1406-1411.
- Joshi, M. S. and S. R. Thengane. 1996. *In vitro* propagation of *Azadirachta indica* A. Juss. (neem) by shoot proliferation. *Indian Journal of Experimental Biology* 34: 480-482.
- Kaushik, N. and S. Vir. 2000. Variations in fatty acid composition of neem seeds collected from the Rajasthan state of India. *Biochem. Soc. Trans.* (28): 880-882.
- Kumar, A. R. V., J. Jayappa and K. Chandrashekara. 2000. Relative insecticidal value: an index for identifying neem trees with high insecticidal yield. *Current Science*, Vol. 79(10): 1474-1478.
- Kurmar, J. and B. S. Parmar. 1997. Neem oil content and its key chemical constituents in relation to agro-ecological factors and regions of India. *Pesticide Res. J.* 9: 216-225.
- Montgomery, D. C. 2002. Diseños y análisis de experimentos. Ed. LIMUSA, México. pp. 557-567.
- Mordue L., A. J. and A. Blackwell. 1993. Azadirachtin: an update. *Insect Physiol.* 39: 903-924.
- Nepamuceno M., F., P. de la Garza L. L. y T. Marín H. 2000. El neem (*Azadirachta indica*), especie de reciente interés forestal en México. *In: Memoria Digital del 1er. Congreso Nacional de Reforestación. 8-10 de noviembre de 2000. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. Mex. s/p.*
- Osuna L., E. y R. Meza S. 2001. Evaluación de plantaciones de neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) establecidas en Baja California. *In: Memoria del XXX Aniversario del C. E. Todos Santos. Potencialidades y Manejo del neem. Baja California Sur, México. INIFAP. pp. 52-57.*
- Ovando C., M. 2001. Propagación del neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) por medio de injerto en la costa de Oaxaca. *In: Memoria del XXX Aniversario del C. E. Todos Santos. Potencialidades y Manejo del neem. Baja California Sur. INIFAP. México. pp. 21-31.*
- Qi, B., G. Gordh, G. Walter H. 2001. Effects of Neem-fed prey on the predacious insects *Harmonia conformis* (Boisduval) (Coleoptera: Coccinellidae) and *Mallada signatus* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). *Biological Control*, Vol. 22: 185-190.
- Reyes C., H. 2000. Cultivo del nim, opción comunitaria de control biológico. *In: del Amo. R., S. (Coord.): Lecciones del programa de acción forestal Tropical. SEMARNAP/ PROAFT A.C./CNEB/ P. y V. México pp. 191-212.*
- Sall, J., L. Creighton y A. Lehman. 2005. *JMP Start Statistics. A guide to statistics and data analysis using JMP and JMP in Software. Third Edition. SAS Institute INC. Thomson Brookscole, USA. 560 p.*

- Shumutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. Annum. Rev. Entomol. 35: 271-297.
- Sidhu O., P., J. Kumar and H. M. Behl. 2003. Variability in neem (*Azadirachta indica*) with respect to azadirachtin content. J. Agric. Food Chem. 51(4): 910-915.
- Singh, A., A. Chaudhury, P. S. Srivastava and M. Lakshmikumaran. 2002. Comparison of AFLPS and SAMPL markers for assessment of intra-population genetic variation in *Azadirachta indica* A. Juss. Plant Science 162: 17:25.
- Suresh, G., N. S. Narasimhan, S. Masilamani, P. D. Partho and G. Gopalakrihan. 1997. Antifungal fractions and compounds from uncrushed green leaves of *Azadirachta indica*. Phytoparasitica 25(1): 33-39.
- Steinhauer, B. 1999. Possible ways of using the neem tree to control phytopathogenic fungi. Plant. Res. and Development 50: 83-92.
- Talwar, G. P., P. Raghuvanshi, R. Misra, S. Mukherjee and S. Shah. 1997. Plant immunomodulators for termination of unwanted pregnancy and for contraception and reproductive health. Immunol. Cell Biol. 1(75): 190-192.
- Tewari, D. N. 1992. Monograph on neem (*Azadirachta indica* A. Juss.). International Book Distributors, Ltd. 9/3, Rojpur Road, Dehra Dun, India. 285 p.