

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2006

DETERIORO DE SEMILLA DE DOS PROCEDENCIAS DE *Swietenia macrophylla*
King., BAJO DISTINTOS MÉTODOS DE ALMACENAMIENTO

Gómez Tejero Joaquín, Jesús Jasso-Mata Jesús; J. Jesús Vargas-Hernández y Marcos R.
Soto Hernández

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol.2, Número 1
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 223-239

DETERIORO DE SEMILLA DE DOS PROCEDENCIAS DE *Swietenia macrophylla* King., BAJO DISTINTOS MÉTODOS DE ALMACENAMIENTO

TWO ORIGINS SEED DETERIORATION *Swietenia macrophylla* King., UNDER DIFFERENT STORAGE METHODS

Gómez Tejero-Joaquín¹, Jesús Jasso-Mata Jesús²; J. Jesús Vargas-Hernández² y Marcos R. Soto-Hernández³.

¹Candidato a Doctor en Ciencias. Programa Forestal. Colegio de Postgraduados. Correo electrónico: gomezjtj@colpos.mx. ²Programa Forestal. Colegio de Postgraduados. Programa Forestal Colegio de Postradados. Correo electrónico: jejama@colpos.mx. ³Profesor Investigador. Programa de Botánica. Colegio de Postgraduados. Correo electrónico: sotoh@yahoo.com.mx.

RESUMEN

Se estudiaron en semilla de dos procedencias de *Swietenia macrophylla* King tres factores (contenido de humedad, envase, y almacenamiento) que podrían afectar su viabilidad, tomando como variable principal el porcentaje de germinación y relacionando éste con el contenido de humedad a través de tres períodos de almacenaje y los ácidos grasos al inicio y al final; la medición del contenido de humedad se llevó a cabo por el método convencional; la calidad de los ácidos grasos se llevó a cabo mediante la técnica de cromatografía de gases; el diseño experimental fue completamente al azar en arreglo factorial con tres repeticiones. Los resultados demostraron que el contenido de humedad de la semilla está relacionada con su viabilidad y que además, ésta está influenciada por el tipo de envase, en este caso resultó ser el envase “lata”, el mejor, almacenada en cámara fría; fueron determinados cinco ácidos grasos, de éstos los insaturados agilizan el proceso de deterioro de la calidad fisiológica de la semilla, lo cual se manifiesta con mayor claridad en la procedencia de Campeche.

Palabras clave: *Swietenia macrophylla*, viabilidad, ácidos grasos, cromatografía.

SUMMARY

Three Factors (humidity content, container and storage) that might affect seed viability of two provenances of *Swietenia macrophylla* King were evaluated, taking in consideration as main factor the germination percentage and relating it with the humidity content through three storage and the fatty acids at the beginning at the ending and, the measurement of the humidity content was done by the conventional method, the lipids quality was done by chromatography gas technique; the experimental design was completely made at random of factorial arrangements with three repetitions results show that humidity content is related with its viability and besides it is influenced by container type in this case it turned out to be the metal container, the best, stored freeze camera at 5°C; five lipids were determined, the insaturated of these ones accelerate the deterioration process of the seed's physiological quality, which is more noticeable in the Campeche provenance.

Key words: *Swietenia macrophylla*, viability, fatty acids, chromatography.

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad tropical de México como tantas otras en el mundo, están compuestas por una gran variedad de especies, tanto de animales como vegetales; esa gran diversidad vegetal se ha visto seriamente afectada en México debido a múltiples factores naturales y otros provocados por el hombre; dentro de los cuales los más lesivos son los que causan la degradación genética, tales como el aprovechamiento selectivo por especies, eliminación total de ecotipos o razas y la selección disgénica (Jasso y López, 1991). Las selvas de la Península de Yucatán fueron en especímenes de *Cedrela odorata* L. (cedro) y *Swietenia macrophylla* King (caoba), antaño pilares de la industria forestal en esa región.

Actualmente se han visto diezmadas cuantitativamente y cualitativamente, exarcebándose esto por la dificultad para regenerarse en forma natural debido a sus requerimientos tanto de luz como de sombra en algunas de sus fases de establecimiento (García *et al.*, 1993).

Swietenia macrophylla, llamada comúnmente caoba en México es también llamada chacalte en Guatemala, oruro y orura en Venezuela, aguano en Perú, mara y mogno en Bolivia y Brasil; sin embargo, en casi toda Latinoamérica se le conoce como caoba a las dos especies *S. macrophylla* y *S. mahagoni* Jacq. (Flinta, 1960; Pennington y Sarukhán, 1968; Betancourt, 1987).

El árbol de caoba posee un fruto leñoso (cápsula) con alrededor de 40-70 semillas, que poseen un ala para su dispersión y unos cotiledones de tipo contonados o conferruminados; una vez cosechadas deben ser colocadas para su germinación ya que su viabilidad se pierde rápidamente; recién cosechada su germinación alcanza 95%, declinando en los cuatro primeros meses (Vega *et al.*, 1981, Betancourt, 1987; Jiménez y Castillo, 1990). Esta semilla cae dentro del grupo de las recalcitrantes, requiriendo ciertas condiciones especiales para su almacenamiento y conservación (Bonner, 1981; Vencer, 1989; Catalán, 1994).

El almacenamiento adecuado de semillas forestales requiere condiciones controladas de temperatura, para conservar su viabilidad por más tiempo y de esta manera mantener la

diversidad genética; sin embargo, es muy importante considerar los diferentes tipos y características de las semillas. Bonner (1981) reporta dos grandes grupos de humedad: ortodoxas y recalcitrantes; subdivididas en ortodoxas verdaderas e intermedias, y recalcitrantes de clima templado y recalcitrantes tropicales (Bonner y Bozo, 1990). A diferencia de las ortodoxas, las recalcitrantes no resisten la excesiva desecación ya que sufren daños irreversibles e incluso mueren cuando su potencial de agua alcanza los niveles de punto de marchitez permanente, ya que estas semillas no se desecan al madurar y por lo tanto no reducen su metabolismo celular (Flores, 1994). En general las semillas recalcitrantes se deben almacenar con alto contenido de humedad; como en los géneros *Quercus* que no debe estar debajo de 25 a 30%; *Hopea* entre 20 y 33%, y alrededor de 35% para algunas variedades de *Coffea*, todas conservadas a temperaturas de 3 a 5°C dependiendo de la especie (Bonner, 1981); es en esta categoría de semillas recalcitrantes donde caen las especies del género *Swietenia*.

Bonner (1981) y Vásquez (1987), mencionan que las semillas recalcitrantes no se pueden conservar por períodos prolongados debido a sus características fisiológicas y bioquímicas, así como la imposibilidad de reducir el contenido de humedad por debajo de cierto límite (20%) sin causar alteraciones en la estructura subcelular. Por otro lado para su buena conservación, la temperatura debe ser superior al punto de congelación para evitar la formación de cristales de hielo en las células; los recipientes para tal almacenamiento deben ser a prueba de humedad, aunque no a prueba de intercambio de aire, pues algunas especies requieren de cierto intercambio de oxígeno para sobrevivir mientras están en latencia (Bonner, 1981; Niembro, 1988; 1990).

La viabilidad de la semilla también está influenciada por las características genéticas de la planta progenitora, condiciones climáticas durante la floración, formación, desarrollo y maduración del fruto, el grado de madurez de la semilla a la cosecha y el manejo en colecta y postcosecha (Carvalho y Nakagawa, 1983; Hartmann y Kester, 1987).

Otro factor que influye considerablemente en la conservación de la viabilidad de la semilla aunado a la especie, es la calidad y cantidad de las sustancias químicas contenidas en el

embrión y en los tejidos (Niembro, 1990). Las causas que originan el deterioro de dichas sustancias y que conllevan a la pérdida del vigor y la germinabilidad de las semillas son diversas y aún no se conocen, sin embargo, como las estructuras subcelulares están compuestas por lípidos y proteínas con el paso del tiempo la membrana celular gradualmente se va deteriorando perdiendo así su capacidad selectiva, este deterioro se lleva a cabo a consecuencia de la autooxidación de los lípidos, en semillas con reservas de aceites, formando peróxidos que activan algunas enzimas y que afectan la viabilidad y vigor de las semillas (Harrington, 1973; Priestley, 1986; Niembro, 1992).

En base a lo expuesto y la importancia de la especie *Swietenia macrophylla* King para las áreas tropicales de México, condujo a investigar que humedad inicial de la semilla, envase y temperatura se requieren para conservar viable la semilla de dicha especie, relacionándola a través de la germinación con la pérdida de humedad y modificación de la calidad y cantidad de ácidos grasos durante cuatro, siete y diez meses de almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo con germoplasma (semilla) de dos procedencias de *Swietenia macrophylla* King, una de Campeche y otra de Quintana Roo, recolectando en febrero los frutos de los mejores fenotipos; posteriormente la semilla fue beneficiada y enviada en marzo de 1995 al Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Méx. Los tratamientos aplicados fueron: a) contenido de humedad de la semilla, con tres niveles (14, 12 y 10%), en base a Priestley (1986) que dice que para evitar la formación de cristales en las células de la semilla y prolongar su longevidad, el contenido de humedad no se debe rebasar 14%; b) tipo de envase con tres niveles, contenedores de metal (latas), bolsas de plástico y costales de henequén; y c) almacenamiento con dos niveles, cámara fría y ambiente natural. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial y tres repeticiones, haciendo un total de 18 tratamientos y 54 unidades experimentales.

Las pruebas de germinación para determinar la viabilidad de la semilla se efectuaron a los cuatro, siete y diez meses de almacenamiento, con la técnica de siembra de “tacos”; en el

laboratorio de semillas del CP, en una cámara germinadora con un temperatura de $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, los conteos para llegar a obtener la capacidad germinativa se hicieron durante 15 días, cada tercer día a partir del vigésimo día cuando apareció la primera radícula.

La determinación de la calidad de los ácidos grasos, se determinó mediante la técnica de cromatografía de gases, en un cromatógrafo de gases Marca Varían Modelo 3700 con dos inyectores y un detector de ionización de flama a temperaturas de 220 y 230°C respectivamente; la columna de este aparato es de acero inoxidable de 2 m x 1/8" empacada en cromosorb WAW 80/100. De cada unidad experimental se tomaron 10 g de semilla sin testa y fueron molidas durante 20 seg en un molino eléctrico de aspas Marca Stein Mill, Modelo M-62. De la harina resultante se tomaron 25 mg y se pusieron en tubos de ensayo agregándoles 2 ml de hexano, posteriormente se agitó la mezcla durante 20 seg colocándose luego en una centrífuga Marca IEC 2K, Serie 75651846 durante 10 min a 15 mil RPM. El resultado de esa centrifugación se pasó a otro pequeño tubo de ensayo al cual se le agregaron 2 gotas de metilato de sodio para obtener un compuesto derivado lo suficientemente volátil, agitándose otra vez, colocándolo nuevamente en la centrífuga durante 10 min, luego se tomó la cantidad de un microlitro y se inyectó al cromatógrafo de gases, obteniéndose los cromatogramas de cada ácido graso para su posterior evaluación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico para la variable porciento de germinación indicó que existen diferencias significativas en todos los factores estudiados en la semilla de cada procedencia (Cuadro 1).

En el Cuadro 1 se observa que para ambas procedencias y en los tres periodo de la evaluación, los factores envase y métodos de almacenaje mostraron diferencias altamente significativas que indica que estos factores son determinantes para que haya una respuesta directa a la germinación de la semilla de esta especie; el factor humedad sólo mostró tales diferencias en ambas procedencias a los cuatro y diez meses de almacenada la semilla aunque en la procedencia de Quintana Roo sólo es significativa la diferencia; pudiendo

estar señalando con ello que transcurrido siete meses de almacenamiento cualquier contenido de humedad en estos rangos dejan de ser importantes para que actúe sobre la germinación, sin embargo, esto parece ser inexplicable ya que a los cuatro y diez meses de almacenamiento el factor humedad presentó diferencias significativas en ambas procedencias.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para la germinación de semilla de dos procedencias de *Swietenia macrophylla* King, evaluadas a los cuatro, siete y diez meses de almacenamiento.

FUENTE DE VARIACION	CUATRO MESES		SIETE MESES		DIEZ MESES	
	Ca	Q.R.	Ca	Q.R.	Ca	Q.R.
Humedad (H)	98.19**	89.25**	32.49	15.45	120.10**	78.62*
Envase (E)	118.95**	333.36**	155.59**	225.38**	76.51**	106.47**
Almacén (A)	5110.00**	4738.03**	8213.26**	8795.21**	2716.46**	3587.46**
(H*E)	21.41	7.20	3.77	4.03	30.06**	13.85
(H*A)	112.94**	38.85**	41.43*	2.91	149.33**	38.40
(E*A)	13.06	6.14	5.62	0.39	22.30	36.63
(H*E*A)	20.44	3.68	9.94	0-68	69.67**	25.16
Error	15.22	7.20	12.58	5.22	8.56	19.93

*/- Significativo con $p < 0.05$ **/-Significativo con $p < 0.01$

Ca= Campeche Q.R. Quintana Roo

Además se observa que en todos los periodos de evaluación para la germinación, relacionada con los tres factores, resultó ser el factor método de almacenamiento el que mayor efecto tuvo (cuadrados medios) sobre la germinación de la semilla en ambas procedencias; para el caso de los factores humedad y envase que mostraron diferencias significativas en las dos procedencias, la humedad es de mayor importancia de acuerdo al valor de los cuadrados medios, este efecto se ve más claramente en la procedencia de Campeche que en la de Quintana Roo; sin embargo, para el factor envase sucede lo contrario.

Para el caso de las interacciones se observa que de las 24 expuestas en el Cuadro 1 sólo existen seis interacciones con diferencias significativas y éstas están mayormente agrupadas en la procedencias de Campeche (5), para la de Quintana Roo sólo se presenta una humedad*almacén precisamente en el primer periodo cuando la semilla contiene mayor

humedad. Específicamente la interacción que mayor efecto tuvo en la germinación es la de humedad*almacén, por cierto en los tres periodos de evaluación para la procedencia de Campeche, lo cual sugiere que la combinación de estos influyen de algún modo sobre la germinación de la semilla de caoba de esa procedencia. Otra interacción que se manifestó para la procedencia de Campeche es la de humedad*envase, en este caso puede indicar que tales factores son dependientes uno del otro y que por lo tanto influyen en la germinación de la semilla de *Swietenia macrophylla* King. Procedente de Campeche en el último periodo donde el contenido de humedad es más bajo. Esto se enfatiza aún más cuando la triple interacción (H*E*A) resulta altamente significativa a los diez meses en la misma procedencia donde intervienen los factores envase y almacén. Es raro que para la procedencia de Quintana Roo, no existan las mismas interacciones que para la de Campeche, pero probablemente esto tenga su explicación en que la de Quintana Roo, puede ser una semilla con mayor estabilidad en el contenido de humedad y que al relacionarse con otros factores su interacción no afecta la germinación.

Por otro lado, los resultados de la no interacción en la mayoría de los casos (18), indica que en todos los períodos y procedencias, los niveles de contenido de humedad de la semilla al ser independientes de los tipos de envase y éstos del tipo de almacenamiento no modifican la germinación, indicando que la semilla habiendo alcanzado su equilibrio higroscópico en un ambiente, no interacciona con los factores mencionados (Carvalho y Nakagawa, 1983, Hartmann y Kester, 1987).

Para identificar los niveles por cada factor que manifestó diferencias significativas, se procedió a realizar la prueba de comparación de medias (Cuadro 2).

La formación del cuadro citado ratifica la diferencia significativa en los factores tipos de envase y almacén en ambas procedencias; por lo tanto se puede aseverar que el envasado en lata y almacenaje cámara fría es el mejor método para el almacenamiento de la semilla de caoba; de igual manea se verifica que en el factor humedad los diferentes niveles no influyen en el porcentaje de germinación de la semilla de esta especie después de siete meses de almacenamiento, indicando quizás que un bajo contenido de humedad no

modifica ya la germinación. Sin embargo, este factor en ambas procedencias resulta sin diferencias significativas estadísticamente en los dos niveles superiores de humedad, excepto a los cuatro meses en la procedencia de Quinta Roo.

Cuadro 2. Comparación de medias de germinación (%) de la semilla de dos procedencias de *Swietenia macrophylla* King, para tres factores en tres periodos de almacenamiento.

PERIODO DE ALMACENAMIENTO						
FACTOR Y NIVEL	CUATRO MESES		SIETE MESES		DIEZ MESES	
	Ca	Q.R.	Ca	Q.R.	Ca	Q.R.
Humedad						
Alta	37.1 a	43.3 a	23.5 a	28.4a	5.3a	11.5 ab
Media	33.5 ab	39.7 b	25.1 a	27.7ab	8.4a	12.2 a
Baja	30.6 b	36.4 b	23.3 a	26.2 b	4.6 b	9.8 ab
Envase						
Lata	37.5 a	47.5 a	28.2 a	32.4 a	7.5 a	13.8 a
Bolsa	34.0 ab	37.7 b	24.4 a	27.1 b	6.6 a	10.6 b
Costal	29.7 b	34.2 c	21.1 b	22.9 c	4.2 b	9.1 c
Almacén						
Cámara fría	49.0	55.2 a	41.4 a	45.9 a	10.6 a	18.6 a
Ambiente natural	18.5 b	24.4 b	7.7 b	9.0 b	1.6 b	3.7 b

Ca= Campeche Q.R. = Quintana Roo

Nota: Las diferencias estadísticas fueron calculadas con valores porcentuales transformados a arcoseno, aquí sólo se reportan los porcentajes. La comparación de medias se llevó a cabo por el método de Tukey, donde letras iguales denotan diferencias no significativas.

Los resultados anteriores, en general indican que la semilla de caoba independientemente de la procedencia, no debe almacenarse con contenidos de humedad inicial debajo de 12%.

Para el caso del factor en la procedencia de Campeche, los resultados indican que sería indistinto el envasado en lata o bolsa, ya que la viabilidad de la semilla se conserva igual, sin embargo en el caso de la procedencia de Quintana Roo se define claramente que el envase lata es superior en todo tiempo a los envases bolsa de plástico y costal. Continuando con el análisis de la información del Cuadro 2, es evidente que la semilla de las dos procedencias, conservó mejor su viabilidad en la cámara fría (0-5° C), lo que indica que las semillas de tipo recalcitrante deben ser almacenadas a temperaturas entre 0-5° C, con altos

contenidos de humedad sin llegar al congelamiento (Bonner, 1991). Opuestamente es obvio que la semilla almacenada al medio ambiente en Montecillo, Méx. perdiera rápidamente su contenido de humedad, y tal desecación originó la pérdida de su integridad celular, conduciéndola más rápidamente a que perdiera su viabilidad (Flores, 1994).

Continuando con los datos del Cuadro 2, en general se distingue que los valores medios dentro de factores resultaron mayores para la procedencia de Quintana Roo, que para los de Campeche, indicando una mejor calidad fisiológica la semilla de Quinta Roo, esto concuerda con lo reportado por Campbell y Sorensen (1979) en el sentido de que la tasa potencial de germinación está relacionada con el genotipo de ésta, esto posiblemente sea válido para asegurar que la semilla de Quintana Roo, posee mayor control genético para la conservación de la viabilidad con respecto a Campeche. Podría también suponerse que si ambos lotes de semilla pertenecen a la misma especie y proceden de áreas ecológicas similares, debieran comportarse igual en este aspecto, pero quizás debido a distintas condiciones ambientales prevalecientes durante la madurez del fruto y de la semilla, aunadas a la diferente constitución genética de sus progenitores el comportamiento varía dando resultados diferentes (Carvalho y Nakagawa, 1983). Dado los resultados anteriores, se efectuó la evaluación de los efectos de las condiciones de almacenamiento sobre el contenido de humedad de la semilla (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de las condiciones de almacenamiento (temperatura y contenido de humedad inicial) sobre el contenido de humedad de la semilla de dos procedencias de *Swietenia macrophylla* King, durante tres periodos de almacenamiento.

PERIODOS DE ALMACENAMIENTO							
TEMPERATURA	CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL (%)	CUATRO MESES		SIETE MESES		DIEZ MESES	
		Ca	Q.R.	Ca	Q.R.	Ca	Q.R.
Cámara fría	14	11.6	12.5	9.8	10.3	9.0	9.8
	12	10.5	11.1	9.6	10.1	8.9	9.2
	10	9.5	10.1	9.0	9.6	8.3	8.9
Ambiente natural	14	8.2	8.6	6.1	6.1	5.0	6.3
	12	7.0	7.4	5.8	6.1	4.9	5.0
	10	6.6	6.6	5.5	5.9	4.6	4.9

Ca. = Campeche

Q.R. = Quintana Roo

Debe mencionarse que las procedencias tuvieron casi el mismo comportamiento en cuanto a la reducción de la humedad, variando sensiblemente sus valores, lo que quiere decir que la humedad de la semilla de ambas procedencias son afectadas proporcionalmente tanto en la cámara fría como en ambiente natural. Lo que sí queda claro es que la germinación está determinada en gran medida por el contenido de humedad en la semilla ya que ésta permite la reactivación de los procesos metabólicos de la germinación, claro que en combinación con otros factores como la temperatura, luz, sustrato y compuestos orgánicos (químicos), esto se afirma debido a que la semilla siempre respondió mejor cuando su contenido de humedad fue mayor.

En el caso del ambiente frío la reducción de la humedad de la semilla fue menos drástica, esto se afirma porque al calcular la diferencia entre la humedad inicial y el contenido de humedad a los cuatro meses, la máxima reducción fue de 17% y 10% para Campeche y Quintana Roo, respectivamente; al igual que el comportamiento de la germinación se tiene para el contenido de humedad en las procedencias, es decir que la humedad de las semillas en varios casos fueron menor que la de Quintana Roo, lo anterior es válido para los dos métodos de almacenamiento, en otras palabras todo parece que el contenido de humedad de la semilla tiene una estricta relación con los porcentajes de germinación de la semilla de caoba aunque queda por definir si la composición química también fue determinante para la viabilidad y porcentajes de germinación de la semilla de las dos procedencias, por lo que a continuación se presenta el análisis de varianza de los ácidos grasos presentes en la semilla (Cuadro 4).

El Cuadro 4 muestra que de los ácidos grasos saturados sólo el palmítico presenta diferencias significativas en la procedencia de Quintana Roo; para el factor almacén, indicando que en alguno de sus dos niveles la proporción de este ácido es mayor.

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza para los ácidos grasos en la semilla de dos procedencias de *Swietenia macrophylla* King, después de 10 meses de almacenamiento.

ACIDOS GRASOS										
FACTOR Y NIVEL	SATURADOS				INSATURADOS					
	Palmítico		Esteárico		Oléico		Linoléico		Lonolénico	
	Ca	Q.R.	Ca	Q.R.	Ca	Q.R.	Ca	Q.R.	Ca	Q.R.
Humedad (H)	0.65	0.25	0.17	0.16	1.64**	0.66	0.792	0.06	0.40	0.62
Envase (E)	0.52	0.37	0.47	0.73	0.04	3.92	1.877**	1.09	0.82	0.11
Almacén (A)	1.70	1.36*	1.13	0.57	0.22	1.31	0.0008	0.71	4.76**	0.43
(H*E)	0.38	0.18	0.46	0.65	0.40	1.31+	0.584	1.41*	0.13	0.52
(H*A)	0.47	1.53*	0.87	0.78	3.36**	0.01	0.063	0.73	0.18	0.36
(E*A)	0.42	0.04	0.00	0.29	0.01	0.39	0.801	0.28	0.16	0.29
(H*E*A)	1.31**	0.42	1.37**	0.72	2.56**	0.51	1.104*	0.16	0.77	0.19
Error	0.48	0.34	0.38	0.42	0.30	0.39	0.376	0.48	0.55	0.48

*/- Significativo con $p < 0.05$ **/- Significativo con $p < 0.01$

Ca = Campeche Q.R. Quintana Roo.

Para los insaturados son notorias las diferencias significativas de los tres ácidos en la procedencia de Campeche, correspondiendo a los factores de humedad, envase y almacén, es posible que el ácido oleico que muestra diferencias significativas para la humedad el linoléico para el envase y el linolénico para el almacén estén actuando conjuntamente para disminuir la viabilidad de la semilla de Campeche en humedades bajas, envasadas en costal y al medio ambiente. Contrariamente a lo expuesto anteriormente, para la procedencia de Quintana Roo, los ácidos grasos oleico y linoléico presentan diferencias significativas sólo para la interacción humedad*envase, esto indica que las proporciones de estos ácidos grasos están siendo influenciadas para modificarse al intervenir los dos factores juntos y lo que es más, las proporciones de éstos también son afectados por la relación entre los factores humedad, envase y almacén, no así cuando cada factor es independiente. Este comportamiento que pareciera ilógico, ya que tratándose de la misma especie, era de esperarse que existieran las mismas diferencias entre los factores de cada procedencia; sin embargo, esto quizás se explique con lo mencionado por Carvalho y Nakagawa (1993), cuando mencionan que los contenidos de aceite pueden variar incluso dentro de variedades de una especie, como es el caso del girasol.

Para saber la significancia entre los factores estudiados en las de procedencias se realizó la prueba de comparación de medias (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias para los ácidos grasos en la semilla de dos procedencias de *Swietenia macrophylla* King. Después de diez meses de almacenamiento.

FACTOR Y NIVEL	ACIDOS GRASOS									
	SATURADOS				INSATURADOS					
	PALMITICO		ESTEARICO		OLEICO		LINOLEICO		LINOLENICO	
	Ca	Q.R.	C.a.	Q.R.	Ca	Q.R.	Ca.	Q.R.	Ca	Q.R.
<u>Humedad</u>										
Alta	13.0a	13.5a	14.2a	14.9a	28.9b	28.8a	29.3a	28.3a	14.3a	14.5a
Media	13.4a	13.9a	14.4a	14.4a	29.2b	29.2a	28.9a	28.1a	13.9a	14.2a
Baja	13.2a	13.4a	14.4a	14.5a	29.9a	28.8a	28.6a	28.4a	13.6a	14.7a
<u>Envase</u>										
Lata	13.2a	13.5a	14.4a	14.8a	29.2	28.1b	29.2a	28.7a	13.8	14.6a
Bolsa	13.3a	13.3a	14.2a	14.5a	29.5a	29.4a	28.6b	28.0a	14.2a	14.5a
Costal	13.1a	13.9a	14.4a	14.3a	29.3a	29.3a	29.1a	28.1a	13.8a	14.2a
<u>Almacén</u>										
Cámara Fría	13.4a	13.6a	14.2a	14.7a	29.2a	28.7a	29.0a	28.3a	14.5a	14.4a
Ambiente Nat.	13.0a	13.5a	14.5a	14.4a	29.5a	29.2a	29.0a	29.2a	13.4b	14.4a

Nota: Las diferencias estadísticas fueron calculada con valores porcentuales transformados a arcoseno, aquí sólo se reportan los porcentajes. La comparación de medias se llevó a cabo por el método de Tukey, letras iguales denotan diferencias no significativas.

Con la información del cuadro anterior se distingue que los ácidos grasos saturados en ambas procedencias tienen el mismo comportamiento para todos los factores, lo anterior indica que los cambios producidos por efecto de los diferentes niveles de cada factor no influyen para que sean suficientes para que se manifiesten diferencias estadísticas.

La comparación de medias detectó para la procedencia de Campeche, en el factor humedad diferencias estadísticas significativas, para el oleico y al separar las proporciones de este ácido en los tres niveles se observa que lo hace en dos grupos, poniendo como superior a la que se presenta en el nivel de humedad baja, para el caso de la humedad media es estadísticamente igual a la baja, y la humedad alta igual que la media pero estadísticamente inferior a la baja; se puede mencionar que para el caso del oleico el contenido de humedad

de la semilla es determinante para una proporción de este ácido graso, pudiendo estar determinado esto porque el perder mayor contenido de humedad la semilla de esta procedencia, expresa más la proporción de sus ácidos.

Este mismo ácido presentó diferencias significativas en el factor “lata” en la procedencia de Quintana Roo, indicando que es el único tipo de envase que modifica la concentración del ácido oleico. Por otro lado aun cuando la comparación de medias no detectó diferencias estadísticas en este factor (envase) para la procedencia de Campeche, los porcentajes de la concentración son mayores en los envases de “bolsa” y “lata” que sus correspondientes en Quintana Roo, es a esto que puede deberse que teniendo mayores concentraciones de ácidos grasos insaturados en la semilla se acelera el proceso de deterioro de éstas a causa de la alteración química de los ácidos grasos insaturados (Ross, 1986), entonces los mayores valores de este ácido para la procedencia de Campeche, agilizaron el deterioro de la viabilidad de la semilla de esa procedencia, no hay que olvidar que ésta presentó los porcentajes más bajos de germinación.

Para la procedencia de Quintana Roo, no se encontraron diferencias significativas en los ácidos linoléico y linolénico para los factores humedad, envase y almacén; para la procedencia de Campeche los dos factores que estadísticamente son iguales para el linoléico son la humedad y almacén dando diferencias estadísticas significativas en el linoléico para el factor envase, la comparación de medias distinguió dos grupos, en el primero (a) agrupa a los envases de lata y costal y en el segundo (b) coloca a la bolsa de plástico, lo anterior parece indicar que dadas las características de ese ácido, que fácilmente se oxida, la semilla envasada tanto en lata y costal se deteriora más rápido que la que se encuentra en bolsas. En esta misma procedencia pero para el ácido linolénico, las diferencias estadísticas sólo se encontraron en el factor almacén, siendo la mayor proporción de este ácido en la cámara fría. Se hace hincapié que este compuesto, para la procedencia de Campeche en todos los factores y sus niveles, redujo considerablemente su proporción con respecto a la inicial; por lo que puede entenderse que debido a los procesos químicos que sufren los ácidos insaturados en la semilla, estos compuestos son oxidados. Retomando lo mencionado por la literatura en el sentido que la semilla de

Carinianapyrififormis, *Cordia alliodora* y *Tabebuia rosea* contienen considerables proporciones de ácidos linoléico y linolénico y que se les atribuye la causa directa de la pérdida de viabilidad de la semilla (Triviño *et al.*, 1990; McDonald y Nelson, 1986), puede mencionarse que dado que la semilla e la procedencia de Campeche posee más ácido linoléico y menos linolénico que la de Quintana Roo, quizás no pueda aplicarse el mismo criterio que para las tres especies citadas, aunque probablemente a lo largo de los diez meses de almacenamiento, la semilla de Campeche ya había sufrido el deterioro fisiológico a causa de la oxidación de todos los ácidos insaturados, ya que éstos son de fácil y espontánea oxidación y tal vez produjeron altas reacciones de radicales libres, sobreviniendo la hidroperoxidación de los ácidos grasos insaturados, que al dañar las membranas, los ácidos nucleicos y las enzimas provocaron el envejecimiento de la semilla y la pérdida de viabilidad (Bewley y Black, 1992).

CONCLUSIONES

La viabilidad de la semilla de *Swietenia macrophylla* King, se redujo con mayor velocidad cuando la humedad fisiológica inicial declinó bruscamente, encontrándose que existe una estrecha relación entre la humedad y la viabilidad de la semilla; también se encontró que la semilla conservó mejor su viabilidad en la cámara fría, siempre y cuando se utilicen envases permeables o impermeables para evitar la evaporación del contenido de humedad de la semilla; para la viabilidad de la semilla también fue determinante el contenido de los ácidos grasos presentes en la semilla, se encontró que existe mayor proporción de los insaturados, mismos que son los que sufren oxidación y con ello se provoca la pérdida de viabilidad de la semilla de la especie de *Swietenia macrophylla* King, y otras especies forestales.

LITERATURA CITADA

Besnier, R.F. 1989. **Semillas, Biología y Tecnología**. Ed. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 637 p.

- Betancurt B., A. 1987. **Silvicultura especial de árboles maderables tropicales**. Edit. Científico Técnica. La Habana, Cuba. Pp. 333-341.
- Bewley, J.D. y M. Black 1982. **Biochemistry of seed in relation to germination**. Vol. 2 Berlin, Springer-Verlag.
- Bonner, F.T. 1981. **Principios de almacenamiento para semillas de árboles forestales**. In. Memoria Reunión sobre Problemas en Semillas Forestales Tropicales. Pub. Esp. Tomo I. Inst. Nal. Invest. For. México. No. 35 p. 223-229.
- Bonner, F.T. y J. Vozzo J. 1990. **Storing recalcitrant tropical forest tree-seed**. In: Memoria del Seminario-Taller sobre Investigaciones en Semillas Forestales. (CONIF) octubre, 26-28, 1988. Bogotá, Colombia.
- Cambell, K.R. y C.F. Sorecen, 1979. **New basis for characterizing germination**. Journal of Seed Technology. Vol. 4. (2) 24-33.
- Carvalho M., and N.J. Nakagawa. 1993. **Sementes. Ciencia, Tecnología e producao**. 2da. Ed. Fundacao Cargill. Campinas. 429 p.
- Catalán, B. 1994. **Semillas forestales recalcitrantes: Longevidad natural y almacenamiento**. Compilado por Rafeal socios; Company. ITEA. No. 15 Zaragoza. 37 p.
- Flinta, M. C. 1960. **Prácticas de plantación forestal en América Latina**. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Cuadernos de fomento forestal No. 15. Roma, Italia pp. 404-405.
- Flores, M. 1994. **¿Son idénticas las semillas recalcitrantes?**. Boletín. Mejoramiento genético y semillas forestales. Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR). CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp. 2-3.
- García, C. X.; Negreros C. y Rodríguez, S. 1993. **Regeneración natural de caoba (*Swietenia macrophylla* King) bajo diferentes densidades de dosel**. Rev. Ciencia forestal. Inst. Nal. de Investigaciones Forestales. Agric. Y Pec. México. Vol. 18 No. 74 pp. 25-43.
- Harrington, J.F. 1973. **Biochemical Basis of Seed Longevity**. Seed Sci. and Technol. 1:453-461.
- Hartman, T.H. y Kester, E. 1987. **Propagación de plantas**. Principios y prácticas. Ed. CECSA. México. 759 p.

- Jasso, M. J. y López, U. J. 1991. **El mejoramiento forestal en la conservación y restauración de áreas forestales.** *In:* Memoria I. Simposio Nacional. Agricultura sostenible: Una opción para el desarrollo sin deterioro ambiental. M.O.A. Colegio de Postgraduados. México. pp. 203-236.
- Jiménez, C. J. M. y Castillo, L. C. 1990. **Caracterización de 33 especies forestales tropicales.** *In* Memoria del Taller Internacional sobre Investigación en silvicultura y Manejo de Selvas. SARH. INIFAP. COFAN. C.E. "Ing. Eduardo Sangri Serrano". México. Pub. No. 6 pp. 122-137.
- McDONALD, B.M. and J.C. NELSON, 1986. **Physiology of seed deterioration,** Ed. CSSA. Publication Number 11. Madison, Wisconsin, USA:
- Niembro, R. A. 1988. **Semilla de Arboles y Arbustos: Ontogenia y Estructura.** Ed. Limusa. México. 286 p.
- Niembro, R. A. 1990. **La composición química de las semillas y su efecto en la conservación.** *In:* Memoria del Seminario-Taller sobre Investigaciones en Semillas Forestales. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF) octubre 26-28, 1988. Bogotá Colombia. Pp. 111-118.
- Niembro, R. A. 1991. **Causas que originan el envejecimiento de las semillas de las plantas leñosas.** Rev. Semina. Universidad Autónoma de Campeche. México. 16 p.
- Pennington, T.D. y Sarukhan K. J. 1968. **Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México.** Inst. Nal. de Invest. For. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. México. pp. 244-245.
- Priestley, D. A. 1986. **Seed ageing: implications for seed storage and persistence in the soil.** New York, Comstock.
- Roos, E.E. 1980. **Physiological, biochemical and genetic changes in seed quality during storage.** Hort. Science. 15(6): 19-22.
- Treviño, D.T.; ACOSTA D. y Castillo, A. 1990. **Investigación de los componentes sanitarios y fisiológicos en semillas de seis especies forestales tropicales en Colombia.** *In* Memoria del Seminario-Taller sobre Investigaciones en Semillas forestales. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF) octubre 26-28, 1988. pp. 119-138.

Vásquez, Y. C. 1987. **Los bancos de almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales.** Rev.Ciencia Forestal. Vol. 38 pp. 239-246.

Vega, E.; PATIÑO, C. F. y Rodríguez, P. L. 1981. **Viabilidad de semillas en 72 especies forestales tropicales almacenadas al medio ambiente.** *In:* Memoria Reunión sobre Problemas en Semillas forestales Tropicales. Inst. Nal. De Invest. For. México. Pub. Esp. No. 35. Tomo I. pp. 325-352.

Gómez Tejero Joaquín. Candidato a Doctor en Ciencias Forestales en el Colegio de Postgraduados. Maestro en Ciencias por el Colegio de Postgraduados. Ingeniero Agrónomo por el Instituto Tecnológico Agropecuario # 5, Campeche, Campeche.

Jesús Jasso Mata. Doctorado en Ciencias Forestales por la Universidad de Yale. Maestro en Ciencias Forestales por la Universidad de Yale. Ingeniero Agrónomo especialista en Bosques por la Universidad Autónoma Chapingo. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores-CONACYT-México.**

J. Jesús Vargas Hernández. Doctorado en Ciencias Forestales por la Universidad estatal de Oregon. Maestro en Ciencias Forestales por el Colegio de Postgraduados. Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques por la Universidad Autónoma Chapingo. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores-CONACYT-México.**

Marcos R. Soto Hernández. Doctorado en Química Orgánica por la Universidad de Wales, Inglaterra. Maestro en Ciencias en Farmacia (síntesis de fármacos) por la Universidad Nacional Autónoma de México. Licenciado en químico farmacéutico por la Universidad nacional Autónoma de México. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores-CONACYT-México.**