

BIBLIOTECA WILSON POPAÑOS
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 98
TEGUICIGALPA HONDURAS

Tratamientos para acelerar la germinación y el crecimiento inicial de la macadamia (*Macadamia integrifolia*)

Peter Avila

El Zamorano
Departamento de Horticultura

Diciembre, 1999

799¹¹
Kell R.

**Tratamientos para acelerar la germinación y
crecimiento inicial de la macadamia**
(Macadamia integrifolia)

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura.

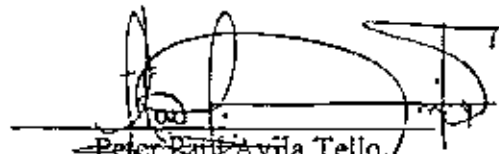
presentado por

Peter Avila

El Zamorano, Honduras
Diciembre, 1999

BIBLIOTECA WILSON POTERRO
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARADO CO
TEGUCIGALPA HONDURAS

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos del autor.



Peter Paul Avila Tello

El Zamorano, Honduras
Diciembre, 1999

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso y la virgen María.

A mi padre, Peter Avila Sr., por que sé que él está orgulloso de este logro en mi vida.

A mi madre, Lili, porque ha sido fuente de inspiración, lucha y me ha dado todas las fuerzas para lograr este triunfo.

A mi hermano, Jorge, por ser una de las razones más importantes de mis logros.

A mis abuelos, Augusto, Josefa, Alberto y María Margarita por el cariño que les tengo.

A la madre naturaleza

A mi País Guatemala y en especial a mi queridísima Luna de Xelajú.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y la Virgen por ayudarme en todo momento y nunca abandonarme en momentos que sentí desistir.

A mis padres por todo el amor y apoyo brindado en todos los momentos de mi vida y haberme dado la oportunidad de seguir estudiando.

A mi tío Mike y Tito por haberme ayudado a seguir estudiando en los momentos difíciles.

A Julio López por ser un verdadero amigo y ayudarme a seguir adelante y enseñarme a luchar y ser emprendedor.

Al doctor Odilo Duarte por su tiempo, pláticas, consejos y principalmente por sus conocimientos transmitidos para la elaboración de este material y muy importante por ser una persona integral en su forma de ser.

A mis asesores Ulises Barahona y Mauricio Huete por su ayuda, sin ellos este trabajo no se hubiera podido elaborar.

Al doctor Raúl Espinal por ser tan fino y brindarme la ayuda necesaria en el momento oportuno.

A mis queridos amigos de mi colonia por todos los buenos momentos vividos y al resto de mis amigos del PLA, a los de la mara fría, a Peca por ser buena compañía y un buen amigo en general.

Al personal que integra el Departamento de Horticultura, por todas las finezas y ayudas que me brindaron.

A Gabriela Sobalvarro, José Nelson y Roberto López por la ayuda en la recopilación de datos de esta tesis.

RESUMEN

Avila, Peter. 1999. Evaluación de Varios Tratamientos para Acclerar la Germinación de la Macadamia (*Macadamia integrifolia*). Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 29 p.

Con semilla fresca de macadamia se evaluaron tratamientos de remojo en agua y ácido giberélico (A.G.): 10, 100, 500, 1,000, 5,000 ppm, por 24 h; así como 3 posiciones de siembra: con la sutura abajo, lateral y arriba y dos tipos de rajado de la cubierta: a mano y al sol. Las 5 dosis de A.G. superaron significativamente a los demás tratamientos en velocidad y porcentaje de germinación a los 6 meses, excepto al rajado al sol. La mejor dosis fue 5,000 ppm de A.G. con 93% de germinación contra 80 a 85% de las otras dosis y 83% de rajado al sol. El testigo tuvo 64% de germinación. El A.G. a 500, 1,000 y 5,000 ppm incrementó la altura de las plántulas a los 6 meses con 20.2, 21.5 y 25.4 cm contra menos de 13 cm para los demás incluyendo el rajado al sol que no estimuló el crecimiento. El diámetro del tallo de las plántulas a 20 cm, sólo pudo medirse en las de semilla remojada en 100, 500, 1,000, y 5,000 ppm de A.G., aunque no superó los 2 mm a los 6 meses, el resto de tratamientos no había llegado a 20 cm de altura. Entre las posiciones de siembra no hubo diferencias significativas aunque la sutura para abajo produjo 54.8% de plántulas con cuello recto contra 44.2% y 54.0% de sutura lateral y hacia arriba. El rajado a mano dañó la semilla. En un segundo ensayo, probando rajado a mano y al sol y sin rajarse con 0, 250, 500, 1,000, 2,000 ppm de A.G., en semillas de 3 a 4 meses de cosechadas, el tratamiento sin rajarse con 500 ppm de A.G. fue el mejor en germinar y con 73.75% superó significativamente a 0, 1,000 y 2,000 ppm, pero no a 250 ppm. Esto fue contrario a los resultados obtenidos con semilla fresca. En semilla rajada al sol o a mano el A.G. tuvo un efecto negativo proporcional a las dosis usadas. El rajado al sol superó siempre al manual y dosis de 250, 500 y 1,000 ppm de A.G. dieron la mejor altura y diámetro en plántulas de semillas rajadas y sin rajarse.

Palabras claves: ácido giberélico, germinación, posición, rajado.

Nota de Prensa

SE LOGRÓ ACELERAR LA GERMINACIÓN Y EL CRECIMIENTO INICIAL DE LA MACADAMIA!

La macadamia, un cultivo relativamente "nuevo", fue descubierto por un botánico inglés en las costas orientales de Australia, siendo así el primer cultivo australiano en convertirse en un cultivo comercial importante.

En cuanto a la nuez de macadamia, esta tiene una cubierta muy dura y tiene una germinación desuniforme, pues se ha visto en algunos casos que la semilla germina hasta 6 meses después de su siembra, aunque normalmente el tiempo de germinación es de uno a dos meses.

Con esto en mente se procedió a realizar un ensayo en el Departamento de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana para buscar ciertos tratamientos que dieran una solución a este problema. La respuesta: Se encontró que con semilla recién cosechada un rajado de ésta al sol o un remojo por 24 h en ácido giberélico (A.G) a 5,000 ppm dieron una mayor velocidad y porcentaje de germinación, además el crecimiento inicial fue acelerado por el A.G.

En semilla con 3-4 meses de cosechada 500 ppm de A.G. fue la mejor dosis de remojo por 24 h. El rajado a mano tuvo una respuesta sumamente negativa sobre la viabilidad de la semilla y altas concentraciones de ácido giberélico en semilla de tres a cuatro meses de cosechada fueron tóxicos en semillas rajadas.

Se concluyó que con semilla fresca el rajarla al sol daría un resultado muy parecido al uso de ácido giberélico en mejorar la germinación, aunque el ácido giberélico adelanta además, el crecimiento inicial de las plántulas.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Resumen.....	vi
	Nota de Prensa.....	vii
	Contenido.....	viii
	Índice de Cuadros.....	x
	Índice de Anexos.....	xi
1.	INTRODUCCION.....	1
2	REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1	GENERALIDADES.....	2
2.1.1	Origen.....	2
2.1.2	Descripción.....	2
2.1.3	Distribución del cultivo.....	2
2.1.4	Selección del sitio.....	3
2.2	PROPAGACION.....	3
2.2.1	Selección de semilla.....	3
2.2.2	Tratamiento de la semilla.....	4
2.2.3	Preparación del semillero.....	4
2.3	SIEMBRA.....	5
2.3.1	Posición de la semilla.....	5
2.4	GERMINACION.....	5
2.5	TRANSPLANTE.....	6
2.6	INJERTO.....	7
2.6.1	Selección del patrón.....	7
2.6.2	Selección del injerto.....	7
2.7	TRANSPLANTE AL CAMPO.....	8
2.8	LAS GIBERELINAS Y LA GERMINACION.....	8
3	MATERIALES Y METODOS.....	10
3.1	TRATAMIENTOS.....	10
3.1.1	Ensayo 1.....	10
3.1.2	Ensayo 2.....	11
3.2	MODELO ESTADISTICO.....	12

4	RESULTADOS Y DISCUSION.....	13
4.1	PRIMER ENSAYO.....	13
4.1.1	Germinación.....	13
4.1.2	Altura.....	15
4.1.3	Diámetro del tallo a 20 cm del suelo.....	16
4.2	SEGUNDO ENSAYO.....	17
4.2.1	Germinación.....	17
4.2.2	Altura.....	19
4.2.3	Diámetro del tallo a 20 cm.....	21
4.2.4	Conformación del cuello.....	21
5	CONCLUSIONES.....	22
6	RECOMENDACIONES.....	23
7	BIBLIOGRAFIA.....	24
8	ANEXOS.....	25

INDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Porcentaje de germinación de semillas de macadamia luego de diversos tratamiento. El Zamorano, Honduras, 1999.....	13
2.	Altura y diámetro de plántulas de macadamia siete meses después de la siembra y luego de diversos tratamientos a la semilla. El Zamorano, Honduras, 1999.....	15
3.	Porcentaje de germinación de semillas de macadamia luego de diversos tratamientos de escarificación y ácido giberélico. El Zamorano, Honduras, 1999.....	17
4.	Altura y diámetro de plántulas de macadamia a los seis meses de la siembra, luego de diversos tratamientos a la semilla. El Zamorano, Honduras, 1999.....	19
5.	Porcentaje de plantas de macadamia en cuatro categorías de conformación de cuello, resultantes de usar tres posiciones de siembra. El Zamorano, Honduras, 1999.....	20

INDICE DE ANEXOS

1.	ANDEVA para la evaluación del porcentaje de germinación en función de la combinación del tratamiento con ácido giberélico y el tipo de rajado para los 15 días después de sembrada.....	26
2.	ANDEVA para la evaluación del porcentaje de germinación en función de la combinación del tratamiento con ácido giberélico y el tipo de rajado para 1 mes después de sembrada.....	27
3.	ANDEVA para la evaluación del porcentaje de germinación en función de la combinación del tratamiento con ácido giberélico y el tipo de rajado a los 2 meses después de sembrada.....	28
4.	ANDEVA para la evaluación del porcentaje de germinación en función de la combinación del tratamiento con ácido giberélico y el tipo de rajado a los 3 meses después de sembrada.....	29

1. INTRODUCCION

En países que cuentan con ciertas ventajas sobre otros, como clima y mano de obra a bajo costo, es importante que se pueda aprovechar al máximo este potencial. Existen varios cultivos que aunque no son nativos se pueden explotar y desarrollar en una forma más eficiente que en otros países más desarrollados por las razones anteriores. Tal es el caso de la macadamia, (*Macadamia integrifolia*), nombrada así por el botánico australiano, baron Ferdinand von Mueller en honor a su amigo John Macadam. Esta planta, originaria de Australia, es el único cultivo de ese continente domesticado como frutal comercial. Fue descubierta en 1857 en los territorios del sudeste de Australia y es la nuez con el mayor contenido de aceite conocida por el hombre.

El fruto de la macadamia consta de una cáscara que se desprende y que rodea una cubierta esférica, muy dura, la cual alberga la nuez o almendra. Se pensaba anteriormente que al sembrarla se pelaría la nuez, pero para que ésta germine mejor es necesario incluir la cubierta.

En el caso de un viverista, es de vital importancia obtener una germinación más rápida y uniforme ya que ésta puede iniciarse entre 1 mes y 2 meses y tomar varias semanas para completarse. Lograr una germinación lo más rápida y uniforme posible es deseable con el fin de ganar tiempo y uniformidad de plantas. Otro factor que se puede beneficiar de una germinación más rápida es lograr tener un almácigo listo para poder transplantar en determinada época a bolsas o acortar la permanencia de la plántula en vivero.

Con el fin de encontrar el mejor método que permita una germinación rápida, uniforme y un crecimiento inicial rápido de las plántulas, así como una conformación mejor del tallo, se hizo este estudio en el cual se probó entre algunas opciones: la mejor posición de siembra, tipos de escarificación, así como también combinaciones entre ambas y remojo en diferentes concentraciones de ácido giberélico para poder llegar a tener información acerca de esta parte del cultivo, conociendo las técnicas de siembra recomendadas en otros países.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES

2.1.1 Origen

Según Trochoulías (1989) el árbol de macadamia fue descubierto por los colonizadores ingleses en los territorios cerca de la costa del sudeste australiano, entre las latitudes de 25° y 32°S. Antes de la mitad del siglo 18, la nuez era conocida únicamente entre los aborígenes del área y se consideraba como uno de los alimentos secundarios para estos nativos. La nuez fue domesticada por la primera vez en 1858 siendo así el único cultivo australiano desarrollado comercialmente (Rosengarten, 1984).

2.1.2 Descripción

La macadamia es un árbol siempreverde que pertenece a la familia de las Proteáceas, al recibir un adecuado manejo puede llegar a una altura de 20 m y un ancho de 12-14 m. Tiene hojas brillosas y flores de un color crema en el caso de la especie *M. integrifolia* y flores color rosado pero también crema para la especie *M. tetraphylla*. La nuez consta de una cáscara carnosa de color verde, que al secarse se torna gris, se raja y cae, siendo ese el momento de cosecha. Esta cáscara a su vez recubre una cubierta color café, brillante, bastante dura la cual alberga a la nuez. Hay 10 especies incluidas en el género *Macadamia*, de esas sólo las especies *M. integrifolia*, y *M. tetraphylla* producen nueces comestibles (Arias, 1982). La nuez de *M. integrifolia* es conocida por su cáscara lisa y la de *M. tetraphylla* por su cáscara rugosa. Esta nuez es considerada como la nuez más rendidora en aceite, llegando a un 76% de aceite de muy buena calidad (Trochoulías, 1989).

2.1.3 Distribución del cultivo

Según Rosengarten, (1984) en 1858 se plantó el que se cree fue el primer árbol de macadamia a las orillas del río Brisbane. Walter Hill, un botánico escocés, empezó a promover este cultivo y se plantaron varios árboles individuales a través de New South Wales y en 1888 se estableció el primer huerto comercial de macadamia en Australia. Este cultivo se diseminó rápidamente a otros lugares del mundo, la primera entrada que hizo esta nuez a Hawái fue en 1882 por medio de William Purvis (Rosengarten, 1984) quien obtuvo nueces de *M. integrifolia* y las sembró en Kukuiahae, Hawái.

Básicamente aquí fue el sitio de llegada para las nueces que luego se empezaron a plantar en California y luego de allí siguió su diseminación a Costa Rica y otros lugares. En África también se produce esta nuez hoy en día, la república de Sudáfrica es el segundo país que cuenta con más área plantada después de Hawái, seguida por Kenya con 4,000 ha., luego Guatemala con 2,000 ha. (Rosengarten, 1984).

2.1.4 Selección del sitio

La macadamia se adapta a una gran variedad de suelos que estén bien drenados. Las áreas seleccionadas deberán de estar libres de heladas porque estas pueden producir daño en árboles pequeños (Trochoulías, 1989). La macadamia crece en laderas y sitios que contengan bastante piedras pero como cualquier otro cultivo este tipo de sitios deben de ser evitados ya que el manejo, cuidado y la cosecha se dificulta en ambos casos. El árbol es muy susceptible a vientos fuertes y se deben instalar barreras rompevientos lo antes posible porque estos árboles no tienen raíces muy fuertes y así evitar que el viento quiebre ramas o totalmente al árbol, en el caso de que esté cargado de frutos. La nuez se puede decir que crece en lo que es la franja cafetalera, en un rango entre los 700 hasta los 1800 msnm.

2.2 PROPAGACION

Este árbol se puede propagar: sexual y asexualmente, pero no es muy recomendable propagarlo sexualmente ya que esta puede presentar una diversidad genética debido a la polinización cruzada que se puede presentar en el campo así como la heterocigocidad. En el caso de hacerlo, se debe de usar esta semilla sólo para patrón.

2.2.1 Selección de semilla

La semilla a usar debe estar fresca, preferiblemente no tener más de 10 días de haber caído del árbol (Avila, sf), aunque en otra literatura se habla de 6 días. Debe ser de muy buena calidad, tomándose en cuenta que se tiene que conocer el árbol de donde proviene la semilla, si es sano y ha presentado buen desarrollo. Algo muy importante es saber si el árbol está libre de enfermedades. En el caso de la semilla en sí, se tiene que asegurar que la almendra al sacudir la nuez no "baile" dentro de la cubierta, si lo hiciere esto quiere decir que los cotiledones se han despegado por dentro y han perdido volumen y una semilla así es de baja viabilidad. Se debe recordar que la viabilidad de la semilla disminuye notablemente después de 4 meses y que éstas ya no germinarán después de 12 meses (Bolt y Joubert, 1985).

Muchas veces es difícil obtener semillas para ser usadas como patrones especialmente de la especie *M. tetraphylla*. Se debe de hacer énfasis en que cualquier semilla de macadamia puede ser plantada y que estas estarán en la capacidad de dar plantas vigorosas (Bolt y Joubert, 1985). En Australia las semillas de variedades como la H2

(Hinde) y la D4 (Renown) son usadas muy frecuentemente ya que éstas producen plántulas muy vigorosas (Trochoulías, 1989). La H2 tiene la ventaja de producir un tallo mucho más grueso, permitiendo poder injertarla en un tiempo mucho más rápido que otras.

2.2.2 Tratamiento de la semilla

Luego de adquirida la semilla, a esta se le debe de remover la cascara carnosa de manera que no se lesione la cubierta, de preferencia manualmente. Después de haber hecho esto se procede a sumergir las semillas en agua por doce horas, esto se hace con el fin de clasificarlas, las semillas que flotan no son utilizadas y se descartan, también el agua ayuda a hidratar la semilla (Avila, sf).

Otro tratamiento practicado a la semilla es exponerla al sol durante dos días para que se resquebraje la cubierta (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, sf). Después de haber hecho esta práctica, se procede a remojar la semilla en agua por 24 a 48 hrs para que el embrión se active y después se remoja la semilla en una solución de "Benlate" para su posterior siembra en el almacigo. Por otro lado, Bolt y Joubert (1985) de Sudáfrica, indican que las semillas no deben recibir ningún pre-tratamiento; en el caso de hervir agua y sumergir la semilla en ésta, el agua arruinaría la semilla por completo, lo mismo pasaría si son rajadas. Esto contradice lo indicado más arriba por los colombianos y lo que recomiendan los costarricenses, (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, sf), que indican como después de escoger la semilla se remoja en agua y luego se deja expuesta al sol por dos días hasta que la cubierta se raje y sea visible la almendra. Sin embargo, al igual que en Sudáfrica, en Australia sólo se recomienda sumergir las semillas en agua por 24 horas y descartar las que floten.

2.2.3 Preparación del semillero

La semilla se siembra en camas, en el caso de estar éstas en el lugar escogido como semillero y debe contarse con media sombra, aunque no tiene que ser tan sofisticada como en el caso de otros cultivos más delicados. Para la siembra se escoge la época seca, esto con el fin de que cuando las plántulas lleguen a la etapa de transplante a bolsa coincida con la época de lluvia. Se usa arena de río, esta no tiene que ser cernida necesariamente, puede ser de la arena más corriente. La cama debe tener una profundidad de por lo menos 20 cm y la arena se debe usar solamente para que germine la plántula (Trochoulías, 1989). Otro medio utilizado para el semillero es un substrato de 3 partes de tierra fértil y una parte de cascarilla de arroz y este debe de tener por lo menos 30 cm de profundidad (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, sf). También se puede usar aserrín en el caso de no tener cascarilla (Avila, sf). El semillero debe contar con un sistema eficiente de drenaje, ya que se debe mantener una humedad permanente para que favorezca la germinación (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, sf).

2.3 SIEMBRA

La siembra se debe de llevar a cabo con mucho cuidado. Se conocen varias técnicas que pueden ser efectivas dependiendo del terreno y las condiciones climatológicas. Un factor muy importante para una buena germinación es mantener el semillero húmedo en todo momento. Este factor junto con una temperatura de suelo de aproximadamente 30° a 35°C, puede hacerla germinar en un tiempo aproximado de 3 a 4 semanas (Trochoulias, 1989). Este tiempo es relativamente corto, ya que se está hablando de las primeras semillas en germinar, pero para que un 85% de ellas germine se puede necesitar un periodo de 12 semanas. De la sutura sale la raíz y a la vez en dirección opuesta sale el brote. La semilla consta de un punto blanco llamado hilum, por donde es absorbida el agua y se produce la imbibición de la semilla (Bolt y Joubert, 1985). Del hilum sale una sutura visible en la concha de la nuez, que se une con el micropilo, esta es la depresión pequeña que se encuentra en el polo opuesto del hilum. Esta sutura es la que debe posicionarse de diferentes maneras en el momento de la siembra según varios investigadores, como se verá a continuación.

2.3.1 Posición de la semilla

Según Trochoulias (1989), en el caso de en Australia se recomienda sembrar la semilla con la sutura en la parte inferior, y el hilum y micropilo deben quedar situados a los costados. Se pueden sembrar juntas pero no tocándose unas con las otras y deben de ser cubiertas con aproximadamente 2 cm de arena. Si la semilla se cubriera mucho podría darse el caso de que esta no germinase por falta de oxígeno. En Sudáfrica la forma usada para sembrar la semilla es para favorecer lo mencionado anteriormente, en este caso la semilla se posicionaría con el hilum hacia abajo, ya que de aquí saldría la raíz hacia abajo y el brote hacia arriba, sembradas a una profundidad de 2 cm y dejando 8 cm entre semillas. Según Bolt y Joubert, (1985) dependiendo de la temperatura a que llegue el suelo, la procedencia de la semilla y la edad de la misma la germinación puede tomar de 1 a 3 meses.

Otra técnica de siembra es colocar la semilla con la sutura ligeramente hacia arriba y el hilum ligeramente inclinado hacia abajo a un ángulo de 45° entre el hilum y la depresión opuesta a este, enterrando la semilla tres cuartas partes de su diámetro dejando así expuesta su parte posterior. Los surcos deben tener una distancia de 15 cm entre si y se deja 2 a 3 cm entre semillas (Avila, sf).

2.4 GERMINACION

En el hemisferio sur, las altas temperaturas durante febrero y marzo asegurarán la germinación en el caso de que la semilla se sembrara en la época seca, pero en el caso de que la semilla este germinando a fines de año o a principios entonces esta plántula posiblemente no esté lista para injertar sino hasta la primavera siguiente.

Semillas sembradas al principio del verano tendrán que ser tratadas con cuidado, proveyéndoles protección contra las quemaduras de la luz solar, por ello se usa una semi sombra. En los lugares en donde no hay disponibles invernaderos para hacer germinar las semillas en meses más fríos se pueden usar las áreas más soleadas de los edificios o instalaciones, empleando también plástico claro o vidrio transparente para aumentar el calor (Trochoulias, 1989).

2.5 TRANSPLANTE

El transplante se lleva a cabo aproximadamente tres meses después de que la semilla fue sembrada. Esta actividad se hace cuando la plántula ya ha desarrollado 10 a 15 cm de altura y cuenta con 4 a 5 hojas sazoadas. Se transplantan a bolsas de plástico negro de una altura de 45 cm por 20 cm de diámetro y con perforaciones (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, sf). En Costa Rica esta actividad difiere un poco, ya que en los semilleros se busca que la semilla ya presente radícula, la mínima señal de que ya esta germinando una semilla, en ese momento se traslada a una bolsa procurando reposicionarla para que quede situada de la mejor forma, tal como mencionó anteriormente, con la sutura ligeramente hacia arriba y el hilum ligeramente inclinado hacia abajo (Avila, sf).

Es muy importante que la planta se coloque en la bolsa de tal forma, que haciendo un agujero algo profundo al substrato, se evite que la radícula se doble y adopte una posición conocida como cola de cerdo y en el caso de que la raíz sea muy larga se debe de hacer un corte a 10 cm del cuello (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, sf). En otras palabras es preferible podar que doblar la raíz. También se deben de eliminar tallos secundarios o brotes que se presenten en la planta con el fin de formar un solo tallo, para que este crezca vigoroso y presente características deseables para injertarlo.

En Australia se acostumbra a hacer otro tipo de transplante, se llena las bolsas a la mitad de su capacidad y luego se sostiene a la plántula en su lugar mientras terminan de llenar la bolsa (Trochoulias, 1989). En el caso de que no se hiciera con cuidado este paso, la plántula desarrollaría una raíz débil haciéndola en el futuro incapaz de tolerar vientos incluso poco fuertes y tendría menor capacidad de sustraer nutrientes del suelo. Dado el caso de que al germinar varias plántulas presenten características poco deseables habrá la necesidad de efectuar una entresaca para eliminar éstas y sólo tener las plántulas prometedoras. Por ejemplo: plántulas que presenten un crecimiento de entrenudos pobre se deberán desechar (Trochoulias, 1989).

En Sudáfrica las técnicas son diferentes, la planta al tener un crecimiento de aproximadamente 15 cm es transplantada a bolsas de aproximadamente 22 x 20 cm. Se menciona la dificultad de transplantar las plántulas y estas deben de ser manipuladas con gran cuidado, usando un paño húmedo desde el momento en que son removidas hasta su transplante a bolsa, pues si se llegaran a secar las raíces sería fatal y tampoco se debe de remover los cotiledones que todavía estén pegados.

2.6 INJERTO

2.6.1 Selección del patrón

Se debe de escoger una planta que reúna varias características para ser un patrón excepcional. Debe estar libre de enfermedades, al igual que de clorosis. En el caso de usar un patrón infectado este automáticamente le pasaría la enfermedad al injerto. Antes de la injertación al patrón se le debe fertilizar, con el propósito de aumentar sus reservas. Otra factor a tomar en cuenta con el patrón es que a la hora de hacer el injerto no debe de estar en una etapa de crecimiento activo (Ávila, sf).

A continuación se mencionan otras características y/o factores que debe tener un buen patrón para injerto:

1. Una edad máxima de 18 meses.
2. Provenir de semilla de *M. integrifolia* o algún híbrido entre especies.
3. Un diámetro a nivel del suelo de 2 cm y con una altura de 40 a 60 cm.
4. Presentar hojas con color verde oscuro y de apariencia sana.
5. No presentar cuello torcido en la base.
6. Tener un buen desarrollo radicular.

Según Bolt y Joubert (1985) el patrón está listo para injertarse cuando aproximadamente tiene de 15 a 18 meses. A esta edad sólo ha perdido pocas hojas de las más viejas. La zona donde se injerta el tallo debe de tener por lo menos 1 cm de diámetro. Los colombianos también tienen su forma de llevar al patrón a que esté listo para el injerto, llegando a 95% de prendimiento con un patrón que tiene 1 cm a 10 cm del suelo (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, sf).

2.6.2 Selección del injerto

Los árboles que se usarán para sacar varetas de injertación deberán de tener de 1 a 4 años. Deben de ser jóvenes y procedentes de árboles clonales que sean identificados para su uso comercial. Las varetas deben ser extraídos de ramas que presenten características abiertas y de la parte central del árbol. La vareta debe de tener unos 10 cm de largo y poseer dos a tres yemas (Ávila, sf). Los australianos recomiendan que a la rama que se usa para obtener material de injertación se le haga un anillado 6 a 10 semanas antes de que se vaya a utilizar debajo de la zona de donde se sacará la vareta, esto con el fin de aumentar la cantidad de carbohidratos que hay en esa parte de la rama, aumentando la probabilidad de que sea un injerto exitoso (Trochoulías, 1989).

Se debe de procurar que el patrón y la vareta a injertar sean del mismo diámetro. Según datos de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (sf) se debe de hacer una incisión en bisel que llegue as la mitad del tallo y a unos 15 cm del suelo.

A la vareta se le hace un corte en ambos lados formando un tipo de bisel hasta que tenga la forma de una cuña, tratando de unir los dos cambiums (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, sf). Se debe de hacer un amarre al injerto para que este se sostenga en su lugar y éste debe de quedar bien sellado para que no haya penetración de ningún tipo de materia extraña que pueda afectar el prendimiento. Se recomienda usar un plástico de color blanco para que este refleje la luz solar y no haya demasiado calor para el injerto (Trochoulias, 1989). Otra forma de sellar el injerto es aplicándole parafina caliente, para que ésta haga el trabajo de mantener un ambiente sellado en el punto de injerto.

Después de dos semanas las yemas empiezan a hincharse, esto se puede ver a través del plástico blanco. Se puede abrir el plástico un tanto encima de donde se sitúa la yema. Después de tener varias yemas parecidas a la hinchada, se puede quitar el plástico (Bolt y Joubert, 1985). Unos 60 días después de haber hecho la injertación se puede notar un injerto exitoso. En el patrón se encontrarán varios chupones o rebrotes que saldrán pero estos deben ser removidos, ya que sólo se quiere que crezcan ramas de la variedad que se ha injertado.

2.7 TRANSPLANTE AL CAMPO

El transplante final al campo se realiza cuando la planta ya cuenta con aproximadamente nueve meses de haberse injertado. Se lleva la bolsa cerca de cada hoyo y se retira cuidadosamente la bolsa para que quede libre el pilón. A continuación se coloca el pilón en un hoyo preparado de medidas 20 x 20 x 24 cm de profundidad. Se llena el hoyo con tierra alrededor del pilón y se apisona alrededor del mismo (Rosengarten, 1984). Todos los arboles que estén listos para su transplante al campo deben ser aclimatados y los injertos endurecidos, esto se hace exponiendo al sol directo las plantas por lo menos dos semanas antes del transplante.

De este punto en adelante el manejo que se le debe de dar a la planta es bastante sencillo y consta de algunas fertilizaciones, chapas y control de insectos en las flores. El tiempo promedio para que la planta llegue a una edad productora y empiecen sus estímulos será de unos 5 a 10 años. Esto depende de las condiciones climáticas como la altura, humedad, temperatura del suelo, etc.

2.8 LAS GIBERELINAS Y LA GERMINACIÓN

La germinación no sería posible sin las giberelinas ya que estas existen en las semillas en desarrollo en altas cantidades. Aunque la presencia de citokininas tienen un efecto negativo hacia las giberelinas (Camacho, 1994). Las giberelinas han sido las hormonas que han estado más relacionadas con la estimulación germinativa de las semillas, porque son efectivas en ayudar en la germinación cuando las semillas tienen factores negativos en contra.

En diferentes especies se ha encontrado que han mejorado porcentajes de germinación, uniformidad germinativa y también han acelerado el proceso de crecimiento de las plántulas como en frutales como chirimoya, lúcuma y cítricos.

En chirimoya, durante épocas frías la velocidad y porcentaje de crecimiento de las plántulas tiende a reducirse, esto podría mejorarse con el remojo de las semillas en ácido giberélico (Duarte *et al.*, 1974). El producto que más se utiliza a nivel comercial es el ácido giberélico (GA₃ en inglés, AG en castellano). Las giberelinas aceleran la germinación, en algunos casos mejoran su porcentaje y en muchos casos incrementan la velocidad de crecimiento inicial de las plántulas. Rivero en 1990 y Estrada en 1995, obtuvieron resultados favorables al remojar en diferentes ensayos semillas de nance con concentraciones similares de GA₃.

En un ensayo con lúcuma se concluyó que la eliminación manual de la cubierta seguida por un remojo en ácido giberélico a 100 ppm fue la combinación más adecuada para lograr la mayor cantidad de semillas germinadas en el menor tiempo y a la vez permitir que estas plántulas se pudieran injertar antes (Duarte *et al.*, 1976).

3. MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en la Sección de Propagación de Plantas del Departamento de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana, ubicada a una altura de 800msnm, lo cual hizo que el cultivo se desarrollara en el rango aceptable de elevación requerida para su desarrollo, siendo ésta desde el nivel del mar hasta los 1500 msnm aproximadamente. La siembra se efectuó en un semillero preparado de 1 m de ancho por 10 m de largo a una profundidad de aproximadamente 30 cm, siendo el medio de arena con 20-30% de tierra, bajo una sombra de malla de polipropileno de un 50%. La semillas se enterraron entre 2 y 3 cm forma similar para todas los tratamientos, en ambos ensayos. La semilla utilizada en este estudio se obtuvo de una finca comercial en Guatemala ubicada a una altitud de 900 msnm.

3.1 TRATAMIENTOS

Se realizaron dos ensayos:

3.1.1 Ensayo #1

Los tratamientos a la semilla fueron los siguientes:

1. Testigo (semilla sin hacerle nada)
2. Remojo por 24 h en 0 ppm de ácido giberélico(agua)
3. Remojo por 24 h en 10 ppm de ácido giberélico
4. Remojo por 24 h en 100 ppm de ácido giberélico
5. Remojo por 24 h en 500 ppm de ácido giberélico
6. Remojo por 24 h en 1,000 ppm de ácido giberélico
7. Remojo por 24 h en 5,000ppm de ácido giberélico
8. Sutura de la semilla = abajo
9. Sutura de la semilla = lateral
10. Sutura de la semilla = arriba
11. Rajado a mano de las cubiertas.
12. Rajado al sol de las cubiertas.

Las semillas fueron sembradas el mismo día con el objeto de eliminar cualquier diferencia que se pudiera presentar en cuanto a crecimiento.

Para evaluar el efecto de los tratamientos se usó un diseño experimental DCA con cuatro repeticiones y la cantidad de 20 semillas por cada unidad experimental.

3.1.2 Ensayo # 2.

En el segundo ensayo se probó los siguientes tratamientos:

1. Semilla intacta remojada por 24 h. en:

- 0 ppm de ácido giberélico
- 250 ppm de ácido giberélico
- 500 ppm de ácido giberélico
- 1,000 ppm de ácido giberélico
- 2,000 ppm de ácido giberélico

2. Semilla rajada al sol y remojada por 24h en:

- 0 ppm de ácido giberélico
- 250 ppm de ácido giberélico
- 500 ppm de ácido giberélico
- 1,000 ppm de ácido giberélico
- 2,000 ppm de ácido giberélico

3. Semilla rajada a mano y remojada por 24h en:

- 0 ppm de ácido giberélico
- 250 ppm de ácido giberélico
- 500 ppm de ácido giberélico
- 1,000 ppm de ácido giberélico
- 2,000 ppm de ácido giberélico

En el primer ensayo la semilla tenía alrededor de un mes de cosechada y en el segundo alrededor de 3 meses aproximadamente. Se seleccionaron las semillas más grandes y que no tuvieran la almendra "suelta" dentro de la cubierta.

Para el remojo se dejó las semillas 24 h en el recipiente conteniendo la solución de ácido giberélico (AG). Para el rajado a mano de la semilla se usó un martillo para golpearla procurando no dañar la almendra, en el caso de suceder eso la semilla se descartó. Para el rajado al sol se expuso la semilla en un tendal de concreto por 48 h y estando en este ambiente se producía el rajado de la cubierta.

3.2 DISEÑO ESTADÍSTICO

El estudio incluía dos ensayos diferentes. En el primero se evaluaron 12 tratamientos en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones; el cual se analizó con el programa estadístico MSTAT (Universidad de Michigan).

En el segundo ensayo se evaluaron 15 tratamientos en un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo y cuatro repeticiones. Estos datos se analizaron con el programa estadístico SAS®.

En ambos ensayos se realizó un análisis de varianza y una separación de medias usando la prueba Duncan con un nivel de significancia de 0,05.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 PRIMER ENSAYO

4.1.1 Germinación

Al evaluar los tratamientos luego de 3 semanas de la siembra se encontró que las semillas remojadas a diferentes concentraciones de ácido giberélico no presentaron diferencia significativa, así como los dos tipos de rajado. Tampoco se encontró diferencia significativa entre las posiciones de siembra, como se puede ver en el Cuadro 1. En general no fue muy claro el resultado por estar comenzando el proceso, mientras que al mes de la siembra, el rajado al sol presentó la media más alta (Cuadro 1), esto coincide con lo que recomiendan los colombianos y los costarricenses, de tender al sol por 2 días la semilla para que se resquebraje la cubierta, pero este tratamiento no tuvo diferencia significativa con 4 de las 5 concentraciones de A.G. Por otro lado, la posición de siembra con la sutura para abajo resultó mejor que las otras dos con diferencia significativa con la de sutura hacia arriba.

Igualmente en el Cuadro 1 se puede apreciar las diferencias que presentaron los tratamientos a los 2 meses de la siembra. Nuevamente el rajado al sol demostró ser el mejor tratamiento, aunque sin diferencia estadística con los 5 tratamientos con A.G. Entre todos los anteriores y los demás si se encontró diferencias estadísticas. Entre las posiciones de siembra no hubieron diferencias y se encontró que el tratamiento en que la semilla se rajó a mano fue el menos adecuado y descendió de posición, encontrándose último a los 2 meses.

A los tres meses de la siembra el tratamiento con 5,000 ppm de A.G. fue el mejor, con un incremento en las medias pero sin una diferencia significativa con las otras concentraciones. El rajado al sol demostró una superioridad significativa sobre los demás tratamientos salvo los 5 de A.G. Nuevamente, el rajado a mano probó ser el menos adecuado, esto se debió a que la semilla al ser rajada a mano se golpeó y el embrión se dañó por el golpe que se le dio, ya que su testa es sumamente dura. Esto coincide con lo indicado por Bolt y Joubert (1985) de Sudáfrica que mencionan que no se le debe de dar un pre-tratamiento a la semilla, especialmente de rajado, ya que ésta se daña.

A los 4 meses de siembra el testigo no difirió de las tres posiciones de siembra ni del remojo en agua, pero se notó claramente que los remojos en A.G., sobre todo a 5,000 ppm y el rajado al sol, superaron a todos los demás.

Cuadro 1. Porcentaje de germinación de semillas de macadamia luego de diversos tratamientos. El Zamorano, Honduras, 1999.

Tratamientos	Tiempo después de la siembra.					
	3 semanas	1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	6 meses
Testigo	0.7 ^{cde}	7.0 ^{de}	34.0 ^b	48.0 ^b	60.0 ^c	64.0 ^c
Agua	2.0 ^{bcde}	12.0 ^{cd}	37.0 ^b	43.5 ^b	54.0 ^c	60.0 ^c
10 ppm AG	8.0 ^{abc}	21.0 ^{bc}	56.0 ^a	71.5 ^a	78.0 ^{ab}	84.0 ^{ab}
100 ppm AG	10.0 ^{ab}	38.0 ^{ab}	65.0 ^a	72.5 ^a	79.0 ^{ab}	80.0 ^{ab}
500 ppm AG	12.0^a	37.0 ^{ab}	65.0 ^a	72.0 ^a	84.0 ^a	85.0 ^a
1000 ppm AG	3.0 ^{abcde}	26.0 ^{abc}	60.0 ^a	80.0 ^a	83.0 ^a	83.0 ^{ab}
5000 ppm AG	5.5 ^{abcd}	26.0 ^{abc}	69.0 ^a	82.5^a	90.0^a	93.0^a
Sutura abajo	0.7 ^{de}	12.0 ^{cd}	37.0 ^b	54.0 ^b	66.0 ^{bc}	69.0 ^{bc}
Sutura lateral	0.0 ^e	2.0 ^e	26.0 ^{bc}	39.5 ^b	51.0 ^c	56.0 ^c
Sutura arriba	0.0 ^e	3.0 ^{de}	29.0 ^b	41.5 ^b	47.0 ^c	52.0 ^c
Rajada a mano	7.0 ^{abc}	12.0 ^{cd}	12.0 ^c	13.5 ^c	13.0 ^d	14.0 ^d
Rajada al sol	8.5 ^{abc}	42.0^a	73.0^a	78.0 ^a	83.0 ^a	83.0 ^{ab}

* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes al 0.05

A los seis meses se pudo notar claramente que 5,000 ppm de A.G. fue el tratamiento con mayor germinación, superando matemáticamente a todos los demás y estadísticamente a la mayoría excepto las otras concentraciones de A.G. y el rajado al sol. La siembra con la sutura hacia abajo también fue matemáticamente superior a las otras dos posiciones. El rajado a mano fue el peor tratamiento con 13 % de germinación, casi igual que a los 2 meses.

El último análisis que se le hizo a las plantas fue al medio año de la siembra y se encontró que remojos en A.G. y el rajado al sol se mantuvieron sin diferencia significativa entre ellos y superaron a todos los demás tratamientos, el de rajado al sol siempre se mantuvo en un nivel muy parecido a varios de los tratamientos con A.G., y estos 6 tratamientos siempre se diferenciaron significativamente de los demás, más no entre sí, habiendo sido 5,000 ppm el mejor de todos ellos. Otros tratamientos que tampoco presentaron diferencia estadística entre sí fueron las posiciones de siembra, pero la con la sutura para abajo resultó con una media siempre más alta que las otras dos, esto coincide con lo que recomienda Trouchoulías (1989), quien dice que la posición correcta de siembra es con la sutura hacia abajo; aunque fue una diferencia mínima la encontrada, sí hubo mejoría en la germinación con este tratamiento. El rajado a mano fue totalmente negativo.

El ácido giberélico por lo tanto jugó un importante papel en estimular la germinación, al igual que lo encontrado en chirimoya por Duarte *et al.* (1974) lo mismo que en nance de acuerdo con Rivero (1990) y Estrada (1995). En este caso, a medida que se subió el A.G. de 10 a 5,000 ppm su efecto sobre el porcentaje y velocidad de germinación fue incrementado.

4.1.2 Altura

En este ensayo la altura fue un parámetro que se tomó para ver el efecto que tuvieron los diferentes tratamientos sobre el crecimiento de la planta. Este parámetro se tomó desde el nivel del suelo hasta el meristema terminal. La altura se evaluó a los 7 meses.

En el análisis que se hizo para comparar la altura de las plantas, se tomó en consideración los tratamientos que tuvieron ácido giberélico ya que este como mencionan Duarte *et al.* (1974), aumenta no sólo la velocidad de germinación sino el crecimiento de las plántulas. Al aumentar la velocidad de germinación se contó con un adelanto sobre los demás tratamientos, dándole esto ventaja a las plántulas, pero el A.G. también ayuda en el alargamiento de los entrenudos, o sea da una altura mayor al tallo.

En el Cuadro 2 se puede ver claramente la superioridad de los tratamientos con A.G. El tratamiento con mayor dosis de A.G. presentó la mejor media, con una diferencia significativa sobre todos los demás y así en orden descendente. Entre 1,000 ppm y 500 ppm no hubo diferencia estadística y ambos superaron a 100, 10 ppm y agua, que fueron similares.

En cuanto a los 2 tipos de rajado, las pocas plantas que germinaron del tratamiento rajado a mano tuvieron similar altura que las de semillas rajadas la sol aunque el rajado a mano produjo una germinación muy pobre.

Respecto a las posiciones de siembra la que presentó mejor altura fue la que se sembró con la sutura lateral, pero sin diferencia significativa sobre las otras dos.

El remojo en 5,000 ppm de A.G. fue el que se obtuvo mayor altura con casi el doble de los demás tratamientos, si bien 500 y 1,000 ppm también superaron a los demás tratamientos, pero fueron inferiores a 5,000 ppm.

Cuadro 2. Altura y diámetro de plántulas de macadamia siete meses después de la siembra y luego de diversos tratamientos a la semilla. El Zamorano, Honduras, 1999.

Tratamientos	Altura (cm)	Diámetro (mm)
Testigo	12,8cd	-----*
Agua	13,9cd	-----
10 ppm AG	13,2cd	-----
100 ppm AG	14,5c	2.0a
500 ppm AG	20,2b	1.6c
1,000 ppm AG	21,5b	1.8ab
5,000 ppm AG	25,4a	1.7bc
Sutura abajo	12,4cd	-----
Sutura lateral	12,7cd	-----
Sutura arriba	12,5cd	-----
Rajada a mano	12,9cd	-----
Rajada al sol	12,2d	-----

Prueba múltiple de medias de Duncan ($P < 0.05$).

* Plantas con menos de 20 cm, no se tomó diámetro.

4.1.3 Diámetro del tallo a 20 cm del suelo

El diámetro es otra característica muy importante que se evaluó, ya que éste determina la aptitud que tiene la planta para ser injertada. Este parámetro se tomó a una altura de 20 cm del suelo. La medida a usar fue en mm y se utilizó un pie de rey para realizar la toma de datos.

Se tomó en una fecha solamente, por la misma razón por la que se tomó la altura una vez. Un diámetro significativo y una diferencia entre plantas y tratamientos se vería a una edad mayor, en una etapa de la planta donde esta ya contaba con suficiente altura y edad para poder tomar un dato significativo.

Los datos de diámetro de las plantas presentaron diferencias interesantes y sólo se pudo tomar en los tratamientos con A.G. que fueron los únicos que habían pasado los 20 cm. El tratamiento con 100 ppm de A.G. demostró ser el más eficiente, con una media de 2.0 mm como se puede apreciar en el Cuadro 2, pero no tuvo diferencia significativa con el de 1,000 ppm. Sólo 10 ppm de A.G. no fue medible de los 5 tratamientos con esta sustancia. Entre 1,000 y 5,000 ppm no hubo diferencia significativa, ni entre 5,000 y 500 ppm. Los demás tratamientos como las 3 posiciones de siembra, los dos tipos de rajado, el remojo en agua y la menor concentración de A.G. tuvieron un diámetro bastante bajo, que no pudo ser medido a 20 cm por no haber alcanzado esta altura las plantas.

4.2 SEGUNDO ENSAYO

4.2.1 Germinación

En este ensayo se evaluaron tratamientos diferentes a los del primer ensayo. Se probaron semillas intactas y rajadas a mano o al sol, pero con 5 concentraciones de A.G. diferentes a las del primer ensayo. La primera fecha evaluada fue luego de dos semanas ya que al décimo sexto día de la siembra había germinado la primera semilla, por lo que la primera fecha de análisis fue a los 15 días y los resultados se dan en el Cuadro 3.

El tratamiento sin rajar y con 500 ppm de A.G. mostró ser el mejor pero no tuvo diferencia significativa con el resto de tratamientos sin rajar, salvo con el que no tuvo A.G., y algunos con semilla rajada al sol como la que no se remojó en A.G. Con el resto de tratamientos si tuvo diferencias estadísticas. Las semillas que se rajaron a mano sin A.G. y las con 250 ppm de A.G. no tuvieron diferencia entre sí tampoco. El resto de tratamientos no había germinado todavía.

Al mes de la siembra el mismo tratamiento sin rajado y con 500 ppm de A.G. continuó como el mejor pero sin diferencias estadísticas con el de 250 ppm sin rajar. Las del grupo rajado a mano tampoco tuvieron diferencias entre ellas pero sí con las semillas sometidas a 250 y 500 ppm de A.G. del grupo de las semillas sin rajar. De las semillas rajadas al sol sólo las concentraciones de 500 y 1,000 ppm fueron superiores a los demás. En el segundo mes de evaluación se puede observar en el Cuadro 3 que el rajado al sol sin A.G. mostró diferencia significativa con los demás tratamientos de su grupo.

Como último resultado de las evaluaciones de germinación se puede observar en el Cuadro 3 que el tratamiento que siempre fue más eficiente en cuanto a germinación fue el sin rajar con 500 ppm de A.G. Esto se podría deber a que con una cubierta intacta y una concentración moderada de A.G. podría producirse una estimulación, adecuada tomando en cuenta la edad de la semilla, pues ella también produce sus propias giberelinas.

Cuadro 3. Porcentaje de germinación de semillas de macadamia luego de diversos tratamientos de escarificación y ácido giberélico durante tres meses después de siembra. El Zamorano, Honduras, 1999.

Tratamientos y dosis de A.G. en ppm.	Meses después de la siembra.			
	0.5	1	2	3
Sin rajar				
0	0c	8.75cde	37.5bc	56.25bc
250	5.0ab	16.25ab	46.25ab	63.75ab
500	7.5a	21.25a	51.25a	73.75a
1,000	5.0ab	12.5bcd	33.75c	50dc
2,000	5.0ab	13.75bc	32.5c	47.5cd
Rajado a mano				
0	1.25bc	6.25cdef	11.25d	13.75ef
250	1.25bc	5.0def	8.75d	13.75ef
500	0c	7.5cdef	12.5d	16.25e
1,000	0c	1.25ef	1.25d	1.25f
2,000	0c	3.75ef	6.25d	6.25ef
Rajado al sol				
0	2.5bc	7.5cdef	30c	40d
250	0c	2.5ef	12.5d	17.5e
500	1.25bc	6.25cdef	8.75d	16.25e
1,000	3.75abc	6.25cdef	11.25d	15ef
2,000	0c	0f	3.75d	5.0ef

18

* Medias en cada columna seguidas de letras diferentes son significativamente diferentes $P \leq 0.05$.

No hubo diferencias entre este tratamiento y el de 250 ppm, pero con los demás tratamientos sí tuvo diferencias significativas. Nuevamente el tratamiento con los resultados más bajos a los 3 meses, fue el que se rajó a mano con 1,000 ppm de A.G., seguido por el rajado al sol con 2,000 ppm.

Igual que en el primer ensayo el ácido giberélico pareció tener un importante papel en lo que se refiere a la estimulación de la germinación, pero se vio que en este caso la dosis mejor no fue la más alta, pues dosis más bajas presentaron los mejores resultados.

La semilla rajada a mano al igual que en el primer ensayo tuvo la menor germinación, seguida de la rajada al sol. La semilla intacta fue la mejor y 500 ppm de A.G. fue la mejor dosis en este caso, superando a 1,000 a 2,000 ppm. Esto no coincide con el primer ensayo en que 5,000 ppm de A.G. fue la mejor dosis en semilla intacta. Esto puede deberse a que la semilla tenía 3 meses más de almacenada y pudo haber tenido cambios hormonales internos que la hicieron responder en forma diferente. Se aprecia que 500 ppm estadísticamente no superó a 250 ppm y más bien superó a 0, 1,000 y 2,000 ppm, lo que indica que la semilla estaba más sensibilizada a los efectos del A.G. que cuando estuvo fresca. Por otro lado, el rajado a mano siguió siendo negativo pero también lo fue el rajado al sol cosa que no ocurrió en el primer ensayo en que ocupó unos de los mejores lugares junto con los mejores remojos en A.G. El A.G. tampoco tuvo un efecto práctico, y más bien fue negativo y a mayores dosis lo fue más; esto puede ser porque al rajar la almendra ésta queda expuesta al A.G. directamente cosa que no ocurre en la semilla intacta y por ello fue más dañina la dosis alta de A.G. que en la semilla intacta. En el primer ensayo esta sensibilidad al A.G. pareció tener un umbral mucho más alto.

4.2.2 Altura

En este segundo ensayo se volvió a tomar la altura para ver el efecto de los tratamientos sobre la plántula. Se usaron los mismos criterios para esta medición, que se hizo desde el suelo hasta el meristema apical, estas alturas se tomaron a los 6 meses.

Con este análisis se quiso comparar las plantas para ver que tratamiento proporcionaba una mayor altura. Se concentró más la atención en los tratamientos en los que las semillas fueron remojadas en A.G. ya que como lo mencionaron Rivero (1990) y Estrada (1995) el remojo de semillas de nance en concentraciones de 10 a 5,000 ppm de A.G. les dio resultados favorables en todos los casos.

En el Cuadro 4 se puede observar que el tratamiento que presentó mejor mayor altura fue el de la semilla rajada a mano con 500 ppm de A.G., presentando una media numéricamente mayor a todas pero significativa sólo sobre 4 tratamientos. Esto se puede deber a que la semilla rajada a mano tuvo un arranque más rápido que los demás debido a la absorción directa del ácido giberélico por la almendra, lo que también se pudo haber presentado en la semilla rajada al sol. Las plántulas de semilla intacta y sin remojo en A.G. fueron significativamente más pequeñas que las remojadas.

Lo que quiere decir que la semilla intacta soporta y responde mejor el remojo en A.G. pues la almendra no está en contacto directo con él, por lo que tiende a ser menos peligroso y sus efectos más predecibles pues la misma testa puede actuar como un reservorio de A.G. e ir soltándolo lentamente, pero esto no favorece el crecimiento inicial en forma tan marcada como cuando el A.G. hace contacto directo con la almendra, que es el caso de las semillas rajadas, donde a su vez la concentración ideal es más crítica. En las semillas que se rajaron a mano las concentraciones de 250, 500 y 2,000 ppm fueron significativamente superiores a las de 0 y 1,000 ppm de A.G. De las rajadas al sol, las que tenían 1,000 ppm de A.G., dieron las plantas más altas, aunque significativamente sólo superaron a 0 ppm de A.G.

Cuadro 4. Altura y diámetro de plántulas de macadamia a los seis meses de la siembra, luego de diversos tratamientos a la semilla. El Zamorano, Honduras, 1999.

Tratamientos ppm de A.G.	y Altura (cm)	Diámetro (mm)
Sin rajar :		
0	12.9cd	— *
250	17.6abcd	2.01ab
500	22.3abc	2.02ab
1,000	24.0abc	1.86ab
2,000	26.7ab	1.83ab
Rajada a mano con:		
0	12.8cd	—
250	23.0abc	1.10abcd
500	30.4a	2.00ab
1,000	8.2d	0.72bcd
2,000	17.5abcd	1.20abcd
Rajada al sol con:		
0	13.2bcd	0.35cd
250	21.1abcd	1.51abc
500	24.8abc	1.48abc
1,000	29.6a	2.36a
2,000	17.0abcd	1.25abcd

Prueba múltiple de medias de Duncan ($P < 0.05$).

* Plantas con menos de 20 cm, no se tomó diámetro.

4.2.3 Diámetro del tallo a 20 cm

El diámetro se tomó en una sola fecha, al mismo tiempo que la altura, a 20 cm del suelo con un pie de rey. Se tomó a pocas plántulas porque no todas tenían una altura adecuada para tomarlo. La mayoría de plantas medibles fueron las de semilla con remojo en A.G. El rajado al sol con remojo en 1,000 ppm fue el tratamiento que presentó el mayor diámetro con 2,36 mm tal como se ve en el Cuadro 4, pero como sucedió con la altura, este tratamiento sólo fue estadísticamente superior a 4 tratamientos, dos de ellos con medias nulas aunque numéricamente tuvo una diferencia marcada con los demás.

4.2.4 Conformación del cuello

Evaluar la condición del cuello es una práctica que se hace para verificar la calidad de una planta. Esto sirve para ver que plantas son las que están aptas para transplantar a bolsa y luego injertarlas. Según Avila (sf), la semilla se debe de sembrar en un hoyo profundo para que la raíz quede colocada en forma vertical así evitarle deformaciones al sistema radical, esto también coincide con lo dicho por Trochoullias (1989) y por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (sf), acerca del hoyo profundo para la siembra. Con esto, se puede afirmar que la condición vital para evitar esta deformación radical en la planta es una buena preparación del terreno de siembra, así como el ahoyado para la semilla. Avila (sf) también menciona que para lograr árboles excelentes para patrón ésta no deben presentar características de un cuello de marrano o cisne como se le suele llamar, que es lo que se evaluó acá.

La evaluación del cuello en este ensayo se hizo en las tres diferentes posiciones de siembra asignando 4 categorías: Recto, torcido, muy torcido y pésimo, tratando de tomar criterios lo más parecidos posibles para todas. Las plantas se desenterraron y se observó la curvatura del cuello, los datos encontrados se observan en el Cuadro 5 a continuación:

Cuadro 5. Porcentaje de plantas de macadamia en cuatro categorías de conformación de cuello, resultantes de usar tres posiciones de siembra. El Zamorano, Honduras, 1999.

Posición de semilla	Tipo de Cuello			
	Recto	Torcido	Muy torcido	Pésimo
Sutura abajo	54.8	38.7	6.4	0.0
Sutura lateral	44.2	36.6	17.3	1.9
Sutura arriba	54.0	36.0	10.0	0.0

5. CONCLUSIONES

1. El ácido giberélico ayudó a acelerar la germinación y el crecimiento de la plántula tanto en semilla fresca como rajado al sol.
2. El atraso en la germinación de la semilla de macadamia, dado lo duro de su testa, se puede reducir con distintos tratamientos, como rajado al sol y el remojo en A.G.
3. La dosis entre 500 y 5,000 ppm de ácido giberélico parecieron ser las más adecuadas para acelerar la germinación y el porcentaje de semillas germinadas, cuando éstas estuvieron frescas. En semillas con 3 - 4 meses de cosechadas estas dosis fueron muy altas, por lo que deben reducirse a 500 ppm o menos. En semilla con algunos meses y rajada el A.G. por encima de 500 ppm parece tener efectos negativos en germinación y crecimiento. En crecimiento de plántulas de semilla fresca, las dosis entre 500 y 5,000 ppm dieron también los mejores resultados.
4. La posición de siembra que resultó mejor fue con la sutura hacia abajo. El rajado más adecuado fue al sol, que resultó siendo superior en porcentaje de semillas germinadas hasta el segundo mes. En semillas de cierta edad el rajado no pareció ser tan adecuado como en semilla fresca. El rajado a mano fue dañino en ambos casos.

6. RECOMENDACIONES

1. Usar tratamientos como rajado al sol o remojos de la semilla en giberelinas para implementarlos en un vivero, pero con semillas frescas.
2. En el caso de rajar la semilla de macadamia se recomienda rajarla al sol y no a mano ya que este último daña la semilla.
3. Para experimentos posteriores se debería analizar la posibilidad de combinar posiciones de siembra con dosis diferentes de giberelinas.
4. Analizar las alturas y diámetros alcanzados después de un año y un año y medio de la siembra, para ver el efecto de los diversos tratamientos y ver cuales adelantan la injertabilidad de las plántulas. Lo mejor sería transplantar estas plántulas a bolsa, que prendan y medirlas luego de un tiempo adecuado.

7. BIBLIOGRAFIA

1. AVILA, V. J. sf. Guia para vivero de macadamia. Boletín Divulgativo No. 101. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.
2. BOLT, L.C., JOUBERT, A.J. 1985. Vegetative Propagation of the Macadamia. Research Institute, Nelspruit, South Africa.
3. CAMACHO, F. 1994. Dormición de semillas. Causas y Tratamientos. Editorial Trillas, S.A. de C.V. México. 186p.
4. DUARTE, O.; SANTOS, D., FRANCIOSI, R. 1976. Efecto de diversos tratamientos sobre la germinación y crecimiento de plántulas de lúcumo (*Lucuma obovata* H.B.K.). *Proc. Trop. Region Amer. Soc. Hort. Sci.* 20: 242-249.
5. ESTRADA, R. 1995. Efecto de algunos tratamientos en la propagación sexual del nance (*Byrsonima crassifolia*, L.). Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. 41 p.
6. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. sf. El cultivo de la macadamia. Bogotá, Colombia.
7. HARTMANN, H., KESTER, D. 1989. Propagación de plantas: Principios y prácticas. 3 ed. México, Compañía Editora Continental S.A. 760 p.
8. ROSENGARTEN, F. 1984. The book of edible nuts. The Walker Publishing Company. U.S.A. 384 p.
9. TROCHOULLAS, T. 1989. Growing macadamia seedlings. Department of Agriculture N.S.W. Australia.
10. TROCHOULLAS, T. 1989. Macadamia Culture. Department of Agriculture and Fisheries, N.S.W., Australia.

8. ANEXOS

Anexo 1. ANDEVA para la evaluación del porcentaje de germinación en función de la combinación del tratamiento con ácido giberélico y el tipo de rajado para los 15 días después de sembrada.

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	15	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

Number of observations in by group = 60

NOTE: Due to missing values, only 59 observations can be used in this analysis.

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: **PGERM**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	14	338.55932203	24.18280872	3.27	0.0013
Error	44	325.00000000	7.38636364		
Corrected Total	58	663.55932203			

R-Square	C.V.	Root MSE	PGERM Mean
0.510217	123.3457	2.71778653	2.20338983

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	14	338.55932203	24.18280872	3.27	0.0013

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	14	338.55932203	24.18280872	3.27	0.0013

Anexo 2. ANDEVA para la evaluación del porcentaje de germinación en función de la combinación del tratamiento con ácido giberélico y el tipo de rajado para 1 mes después de sembrada

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	15	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

Number of observations in by group = 60

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PGERM

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	14	1895.83333333	35.41666667	5.98	0.0001
Error	45	1018.75000000	22.63888889		
Corrected Total	59	2914.58333333			

R-Square	C.V.	Root MSE	PGERM Mean
0.650465	60.10148	4.75803414	7.91666667

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	14	1895.83333333	135.41666667	5.98	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	14	1895.83333333	135.41666667	5.98	0.0001

Anexo 3. ANDEVA para la evaluación del porcentaje de germinación en función de la combinación del tratamiento con ácido giberélico y el tipo de rajado a los 2 meses después de sembrada.

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	15	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

Number of observations in by group = 60

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PGERM

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	14	14947.50000000	1067.67857143	23.02	0.0001
Error	45	2087.50000000	46.38888889		
Corrected Total	59	17035.00000000			

R-Square	C.V.	Root MSE	PGERM Mean
0.877458	33.22409	6.81093891	20.50000000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	14	14947.50000000	1067.67857143	23.02	0.0001
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	14	14947.50000000	1067.67857143	23.02	0.0001

Anexo 4. ANDEVA para la evaluación del porcentaje de germinación en función de la combinación del tratamiento con ácido giberélico y el tipo de rajado a los 3 meses después de sembrada.

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	15	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

Number of observations in by group = 60

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PGERM

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	14	31355.83333333	2239.70238095	29.06	0.0001
Error	45	3468.75000000	77.08333333		
Corrected Total	59	34824.58333333			

R-Square	C.V.	Root MSE	PGERM Mean
0.900394	30.18812	8.77971146	29.08333333

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	14	31355.83333333	2239.70238095	29.06	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	14	31355.83333333	2239.70238095	29.06	0.0001