

MANUAL DE PROPAGACIÓN DE PLANTAS PARA VIVEROS

Proyecto: Establecimiento del Circuito Etnobiológico del Jardín Botánico Regional “Roger Orellana” 305021 FORDECYT-PRONACES 2021.

Elaboró:
M.C. Francisco Chi May



GOBIERNO DE
MÉXICO



D.A.R. 2021. *Manual de propagación de plantas para viveros*.
Francisco Chi May. Jardín Botánico Regional “Roger Orellana”
del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY).

© Centro de Investigación Científica de Yucatán A. C.
Calle 43 # 130 x 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo
C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México.

Integrante del Sistema de Centros Públicos de Investigación
Conacyt.

Textos: Francisco Chi May.
Cuidado editorial: Miguel Gibrán Román Canto.
Diseño editorial: Norma Marmolejo Quintero.

Este manual forma parte del proyecto: Establecimiento
del Circuito Etnobiológico del Jardín Botánico Regional
“Roger Orellana” 305021 FORDECYT-PRONACES 2021.

Hecho en México.



CONTENIDO

4	PRÓLOGO
5	INTRODUCCIÓN
6	DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES PRÁCTICAS DE PROPAGACIÓN
6	a) Propagación por vía asexual
6	b) Propagación de plantas por semilla (sexual)
7	COLECTA, SECADO Y LIMPIEZA DEL GERMOPLASMA
7	a) Colecta
7	b) Extracción
8	c) Secado
8	d) Limpieza
11	TRATAMIENTOS PARA EL ALMACENAMIENTO Y GERMINACIÓN DEL GERMOPLASMA
11	Almacenamiento
12	Tipo de empaque para almacenamiento
13	Tratamientos para estimular la germinación
15	PREPARACIÓN DE ALMÁCIGOS
17	SUSTRATOS
17	Componentes
17	Características químicas
20	SIEMBRA Y TRASPLANTE
21	PRÁCTICAS CULTURALES
23	LITERATURA CITADA
24	AUTOR

PRÓLOGO

La historia de los jardines botánicos está íntimamente relacionada con la horticultura y, por ende, con la propagación de plantas. Recordemos los viajes de los antiguos exploradores, naturalistas que realizaron grandes recorridos en los que llevaron consigo una infinidad de plantas para su estudio o deleite. Así se conformaron los jardines más antiguos del Viejo Mundo. Un ejemplo de esto son los viajes realizados en 1772 por Francis Masson, uno de los primeros colectores que llevó cientos de plantas desde el Sur de África hacia Inglaterra, las cuales fueron depositadas en Real Jardín Botánico de Kew.

México no es la excepción, ya que en las *Cartas de relación* que Hernán Cortés dirigió al rey Carlos V sobre las cosas de la Nueva España, destaca entre otras cosas, los espacios que Moctezuma desarrollaba para el cuidado, disfrute de plantas y animales procedentes de diversos lugares y ecosistemas. En sus relatos describe estanques de agua salada y dulce para recrear los hábitats adecuados para el mantenimiento de la vida silvestre, procedentes de lugares distantes. El *Códice De la Cruz Badiano (Libellus medicinalibus indorum herbis)* escrito en 1553, es una recopilación de las plantas medicinales usadas por los nahuas y demuestra el interés por el conocimiento y conservación de los recursos vegetales.

Esta historia de los viajeros y amantes de la naturaleza, nos lleva a un punto clave de la historia de la humanidad y es, la necesidad de conocer y desarrollar las técnicas apropiadas de reproducción para lograr que estas plantas permanezcan

y se desarrollen en condiciones semicontroladas fuera de su hábitat.

Actualmente, este conocimiento hortícola está ligado al interés creciente de conservación a nivel mundial; cabe señalar que nuestro país ratificó su participación en la Estrategia Global de Conservación. Ésta enuncia los objetivos particulares con relación a la formación de colecciones *ex situ*, haciendo énfasis en: I) la importancia de la regionalidad, plantas del país o de la región; II) lograr la reproducción de cuando menos el 10% del material vegetal para programas de recuperación o reforestación; y III) albergar y conservar al menos el 60% de la flora regional en alguna categoría de riesgo. Estos compromisos resaltan la necesidad de participación activa y comprometida de los jardines botánicos.

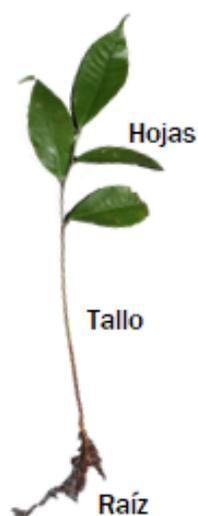
Considerando lo anterior y como parte de nuestro compromiso y misión del Jardín Botánico Regional “Roger Orellana” del CICY, que es la de promover el conocimiento y la conservación a través del uso sustentable de los recursos naturales, hemos desarrollado este manual que te llevará de la mano a través de las diferentes técnicas para la propagación de especies de interés etnobiológico. En el paquete se incluyen semillas que a lo largo de los años han caído en desuso y es de especial interés rescatarlas para que sean parte de los hogares yucatecos.

Margarita Clarisa Jiménez Bañuelos
Jefa Operativa del Jardín Botánico Regional
“Roger Orellana” del CICY



INTRODUCCIÓN

Desde los orígenes del hombre, las plantas han jugado un papel fundamental para su evolución y desarrollo. La agricultura inició hace más de 10 000 años y su aparición significó un gran avance para la humanidad, ya que las sociedades humanas no pueden existir sin la disponibilidad de alimentos y otros productos obtenidos de plantas cultivadas. Uno de los aspectos centrales en el manejo de éstas es su propagación; desde tiempos remotos han sido propagadas y cultivadas utilizando distintas técnicas que se aplican a través del conocimiento de la biología de las especies (Osuna F. *et al.*, 2017).



Las plantas, en general como todos los seres vivos, están constituidas por células, formando estructuras que son clasificadas de manera frecuente en: raíz, tallo, hojas, flores, frutos y semillas.

La raíz, es por lo general el órgano subterráneo que se encarga de realizar la absorción de nutrimentos en el suelo. Esta estructura, además, puede estar modificada para almacenar como órgano de reserva, como el rábano y la zanahoria.

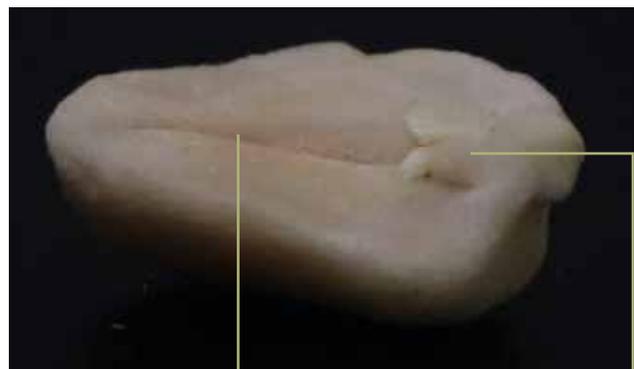
El tallo es la estructura de sostén y conductora de la savia a través de vasos. La estructura de los tallos puede ser leñosa (formar madera) o herbácea (maleable y de color verde). En cuanto a

su crecimiento, puede ser recto ascendente, prostrado sobre el suelo, subterráneos (como la papa), trepador o suculento, como en caso de la pitaya.

Las hojas son órganos en donde se producen la mayoría de las actividades metabólicas de las plantas, contiene la clorofila y cloroplastos que atrapan la luz del sol para convertirlos en energía para la planta; aquí sucede la magia de la fotosíntesis.

Las flores contienen los órganos reproductores de la planta. A partir de ellas, se forman los frutos que pueden ser carnosos o secos y en su interior resguardan a las semillas.

Finalmente, la semilla está formada por una estructura rica en nutrientes que alimenta las primeras fases de la plántula.



Cotiledón, alimento para el desarrollo primario del embrión

Embrión, el cual crecerá y formará las primeras hojas y raíces para absorber nutrimentos del suelo

Figura 1: Se muestra uno de los cotiledones y embrión de la semilla de cacahuate. Fotografía: Isai Olalde.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES PRÁCTICAS PROPAGACIÓN

Esta metodología consiste en multiplicar a las especies según las vías de reproducción natural de las mismas (sexual o asexual) y en desarrollar una serie de actividades técnicas que, en conjunto, nos permitan llevar a cabo exitosamente dicha reproducción de las diversas especies vegetales, aplicadas principalmente a plantas nativas (Hartmann & Kester, 1997).

a) Propagación por vía asexual

A la forma de reproducción a través de estacas, acodos, callos o injertos, se le denomina *asexual*. Los tipos de estacas se diferencian por su edad, grosor y grado de lignificación; el tipo de brote proviene de meristemos jóvenes, delgados y sin lignificar y con el manejo de enraizadores se estimula el desarrollo de las diversas especies, que posteriormente se colocan en bolsas o camas de tierra.

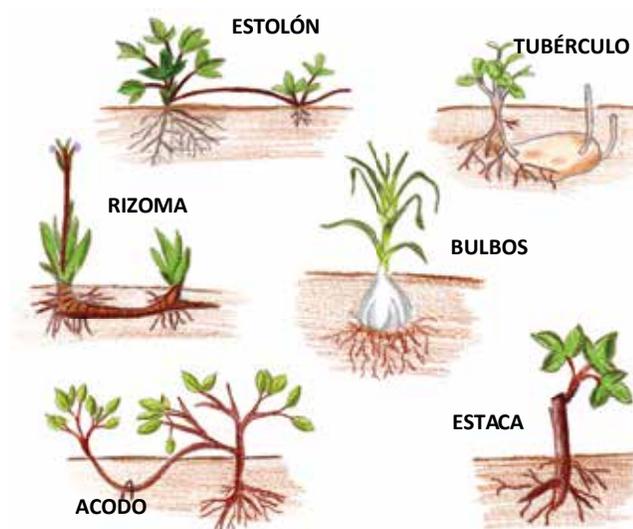


Figura 2. Se muestran diferentes métodos de propagación asexual. Ilustración: Norma Marmolejo.

b) Propagación de plantas por semilla (sexual)

La forma de reproducción por medio de semillas se le conoce como *sexual*. Este método es de vital importancia, ya que nos permitirá disponer del material genético de las especies nativas de manera natural, manteniendo de esta forma la diversidad genética. Mediante éste se aprovecha el potencial genético intrínseco de las especies, que en el caso de las plantas nativas de la península, les permite afrontar las dificultades que el medio les plantea (por ejemplo, huracanes y ataque de plagas y enfermedades) y así, continuar con su proceso evolutivo de manera natural, manteniendo una gran heterogeneidad genética de las especies.

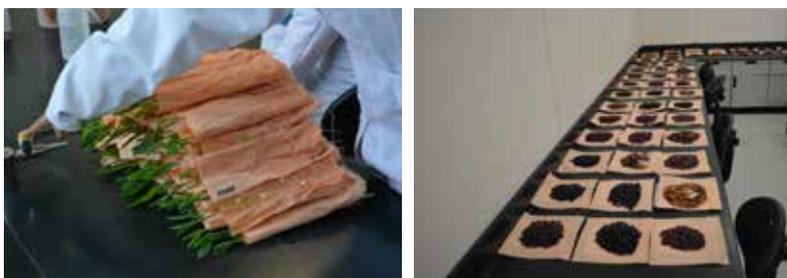


Figura 3. (Izquierda) Pruebas de germinación en laboratorio. (Derecha) Secado de semillas. Fotografías: Francisco Chi.

La propagación de plantas por vía sexual implicará:

- Colecta de semillas
- Extracción de semillas
- Limpieza de semillas
- Almacenamiento
- Tratamientos para estimular la germinación
- Siembra de las semillas



COLECTA, SECADO Y LIMPIEZA DEL GERMOPLASMA

a) Colecta de semillas

Consiste en seleccionar los individuos a partir de los cuales se extraerán los frutos, teniendo como criterios: individuos sanos y vigorosos. La colecta de los frutos se realiza cuando se encuentran en la madurez, evitando las etapas embrionarias inmaduras que afectan la germinación. La madurez se reconoce por su coloración y facilidad de desprendimiento. Los frutos secos se colocarán en bolsas de papel o manta, mientras que los carnosos en recipientes de polietileno, permitiendo en este último caso, el intercambio de gases.



Figura 4: Colecta de frutos. Para asegurar la identificación correcta de la especie a propagar, se hace un respaldo con material herborizado, que es identificado con precisión. Fotografías: Francisco Chi.

b) Extracción de semillas

Una vez realizada la colecta de frutos, de forma manual, las semillas se separan de la cáscara y/o pulpa del fruto, así como de otras impurezas; se lavan, se limpian y se ponen a secar en lona o periódico. Las semillas ya limpias se someten nuevamente a secado al aire, eliminando el exceso de humedad, para posteriormente almacenarse o sembrarse.



Figura 5. (Arriba) Colecta de frutos. (Abajo) Semillas limpias y colocadas en periódico para secarse. Fotografías: Francisco Chi.

c) Secado de semillas

Consiste en utilizar la energía solar y el viento para secar las semillas. Se siguen estos pasos:

- Colocar las semillas en el piso de una terraza firme o en una carpa grande, a tempranas horas antes que el suelo esté muy caliente y pueda causarles daño.
- Esparcirlas en la superficie en una camada ondulada (para aumentar la superficie de exposición) de máximo 10 cm de espesor.
- Revolverlas más o menos cada 30 min para evitar gradientes de humedad altos y temperaturas altas y facilitar el secamiento de las semillas.
- Determinar periódicamente la humedad para saber en qué momento suspender el secamiento.

Uno de los problemas del secamiento natural es la dependencia de las condiciones ambientales; por lo tanto, es aconsejable secar tan pronto se recibe el lote de semillas. (Aguirre y Peske, 1988).



Figura 6. Muestra el secado de semillas extendidas bajo condiciones naturales. Fotografías: Francisco Chi.



Figura 7. Secado de semillas en condiciones controladas. Fotografías: Francisco Chi.

d) Métodos de limpieza de semillas

Tamizado o cribado

En la mayoría de los casos se utilizan diversas cribas con distintos tamaños de paso o malla; de manera que la limpieza es un proceso en el que se van separando gradualmente partículas cada vez más pequeñas. (Fao, 1991)

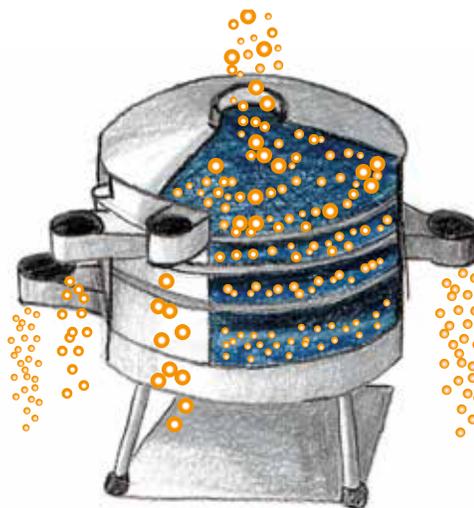


Figura 8. Criba mecánica para separar semillas por tamaños. Ilustración: Norma Marmolejo

Aventamiento

Se basa en el principio de que cualquier objeto puede flotar en una corriente de aire de velocidad suficiente. Existen tres posibilidades de separación en una corriente de aire: caída, flotación y elevación (Fao, 1991).

Este método es utilizado ampliamente. Lanzando la semilla hacia arriba y soplando por la boca, de esta manera las pequeñas partículas se caerán y quedarán solo las semillas; es necesario repetir el procedimiento varias veces.



Figura 9. Aventadora eléctrica con ventilación.
Fotografía: Francisco Chi.

Flotación en un líquido

La limpieza por flotación se basa en el principio de que la semilla de una determinada especie tiene una densidad específica, tanto si es semilla llena como si es vacía. Se utilizan básicamente dos métodos: I) **Densidad**, en el que se emplean líquidos con una densidad o peso específico situado entre el de la semilla llena y de la vacía. El peso específico de los líquidos que se emplean suele ser inferior a 1,0, de manera que se hunden las semillas llenas y flotan las semillas vacías y los residuos ligeros. II) **Absorción**, en el que se utiliza agua y, aunque al principio flotan tanto las semillas llenas como las vacías, transcurrido un determinado período de tiempo, las semillas llenas absorben agua, se hacen más pesadas y se hunden. (Fao, 1991).



Figura 10. Limpieza por flotación.
Fotografía: Francisco Chi.

Limpeza por fricción

Se basa en el principio de que todo objeto que cae a una superficie o se desliza sobre ella, experimenta una determinada fricción. La separación de los residuos se efectúa en una superficie inclinada de tela o caucho, sobre la base de que el ángulo necesario para que la semilla resbale y caiga es distinto del ángulo necesario para que resbalen y caigan los residuos (Fao, 1991).



Figura 11. Máquina de limpieza por fricción usada para cantidades considerable de semillas. Fotografía: Francisco Chi.

Separación por peso específico

Emplea una combinación de las características de peso y superficie de las partículas que se desean separar, aplicando un principio de flotación. En el

extremo inferior de una mesa perforada e inclinada, se coloca una mezcla de semillas. Mediante una corriente de aire, procedente de un ventilador, se dirige a través de la superficie porosa de la mesa y de las semillas, se estratifican éstas en capas según su densidad, de manera que las semillas más ligeras suben hasta la parte superior, mientras las más pesadas se quedan debajo. Un movimiento de oscilación de la mesa hace que las semillas se muevan a distinta velocidad, las más ligeras bajan por gravedad y se sacan por el extremo inferior, mientras que las más pesadas van subiendo por la pendiente gracias al contacto con la mesa oscilante y se sacan por el extremo superior. (Fao, 1991)

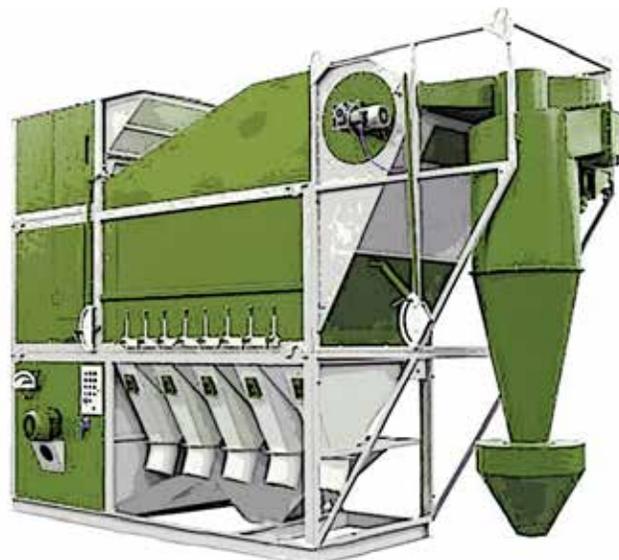


Figura 12. Trilladora automática para la limpieza y separación de granos. Ilustración digital: Norma Marmolejo.

TRATAMIENTOS PARA EL ALMACENAMIENTO Y GERMINACIÓN DEL GERMOPLASMA

Almacenamiento

La viabilidad de una semilla se ve afectada por las condiciones de almacenamiento, por lo que unos de los factores mas importantes para su preservación es la de almacenarlos bajo ciertas condiciones de humedad y temperatura, teniendo en consideración la capacidad de las semillas para sobrevivir bajo éstas, lo cual va a depender de la especie que se trate. Actualmente se pueden hacer pruebas simples para poder establecer los porcentajes de viabilidad de las semillas, como la de poner a germinar lotes de semillas en algodón o como muestra la siguiente imagen, la utilización de rayos X.



Figura 13. (Arriba) Máquina de rayos X. (Abajo) Radiografía mostrando las semillas y el estado de sus embriones. Fotografía: Francisco Chi.



Figura 14. Prueba de germinación en medio controlado y sustrato estéril. Fotografía: Francisco Chi.

El almacenamiento empieza desde el momento en que las semillas alcanzan la madurez fisiológica en el campo, y termina con el proceso de germinación en el campo. En todo este tiempo, la semilla está sometida a muy diversas condiciones de almacenamiento.

En el almacenamiento de la semilla se debe tener presente lo siguiente (Aguirre y Peske, 1988):

- El almacenamiento no mejora la calidad de la semilla, pues el proceso de deterioro es inexorable. En consecuencia, si hay necesidad de almacenar semilla por un período largo, se deben seleccionar aquellos lotes que tengan la mejor calidad.
- El contenido de humedad de las semillas es función de la humedad relativa y en menor escala de la temperatura del aire. Se puede calcular con la diferencia del peso fresco y seco.
- La humedad y la temperatura de la semilla

son, en ese orden, los factores más importantes del almacenamiento.

- Por cada punto que se reduzca el contenido de humedad de la semilla (por ejemplo, de 19 a 18%), se duplica su potencial de almacenamiento. Esto es válido para contenidos de humedad dentro del rango de 4 a 14%.
- Por cada 5°C que se reduzca la temperatura de la semilla, se duplica su potencial de almacenamiento. Esto es válido dentro del rango de 0 a 50°C. Para almacenar semillas a temperaturas por debajo de los 5°C, la humedad de la semilla debe ser menor del 9%.
- Un ambiente seco, frío, y limpio proporciona las mejores condiciones para almacenar la gran mayoría de las especies.
- El potencial de almacenamiento es función de la especie o variedad.



Figura 15. Cámaras de temperatura y humedad controlada para el almacenamiento de semillas. Foto: Francisco Chi.

Las semillas de los distintos cultivos tienen sus propias características de almacenamiento, el más inocuo depende en gran medida del contenido de humedad, la temperatura y la duración del almacenamiento. El tiempo de almacenamiento de semillas varía de acuerdo al contenido de humedad y la temperatura inicial de la semilla. Si se depositan en los contenedores a más de 25°C, o si hay grupos de semillas inmaduras, con un porcentaje de humedad del 9%, es demasiado alto para un almacenamiento inocuo de largo plazo. Pero si las semillas se depositan en los contenedores con una humedad de hasta el 8% y una temperatura fresca, el almacenamiento puede superar los seis meses. Lo ideal sería almacenar las semillas en cuartos fríos.

• **Tipo de empaque para almacenar semillas**

Se deben utilizar empaques impermeables al vapor de agua en semillas con un contenido de humedad entre el 4 y el 9%, para evitar que se humedezcan. En estos casos se pueden usar materiales tales como lata, vidrio, lámina de aluminio, y plástico con espesores no menor a 0.3 mm.



Figura 16. Diferentes métodos de almacenamiento de semillas. Foto: Francisco Chi.



Figura 17. Envasado de semillas, etiquetadas para su manejo y control de calidad. Fotografía: Francisco Chi.

Tratamientos para estimular la germinación

Existe una serie de estrategias mecánicas, químicas o físicas que van a contribuir a eliminar o disminuir las limitaciones que una semilla posee para acelerar su proceso de germinación en condiciones ajenas a su hábitat natural. Entre estos se encuentran los reguladores de crecimiento, escarificaciones y estratificaciones.

a) Escarificación

Los métodos de escarificación engloban varios tratamientos, que pueden ser mecánicos, físicos, químicos y biológicos, como el calor seco, la ruptura de la testa, el remojo en agua y soluciones químicas que propician la germinación de las semillas. Cualquier forma que destruye o reduce la impermeabilidad de la cubierta de las semillas se denomina escarificación. En ocasiones solo basta con destruir un solo punto de la cubierta para que se produzca la imbibición e intercambio de gases y así se inicie la germinación (Padilla, 1995, Charuc J., 2016).

Escarificación mecánica: Pérez (2008), menciona que la escarificación mecánica consiste en causar daño en la testa de la semilla, sin dañar el embrión,

mediante el contacto con superficies abrasivas, evitando la impermeabilidad al agua, temperatura y oxígeno; o bien consiste en eliminar la testa de las semillas de forma manual, pudiendo ser con arena o lijas.



Escarificación física: Las semillas son remojadas en agua corriente con la finalidad de remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta. Este tratamiento también es empleado con el objetivo de ablandar la testa e incluye diferentes métodos:

- **Por calor:** altas temperaturas-agua caliente. Este tipo de escarificación, consiste en sumergir las semillas en agua caliente a una temperatura promedio de 80°C durante tres a cuatro minutos, el volumen de agua a utilizar es cuatro o cinco veces mayor al volumen total de las semillas. (Pérez, 2008).
- **Remojo en agua.** La escarificación con agua a temperatura ambiente consiste en dejar sumergidas las semillas por un determinado tiempo; pudiendo ser horas o días, dependiendo de la dureza de la testa.



Escarificación química: Consiste en remojar las semillas por períodos breves (15 minutos a 2 horas) en compuestos químicos. Las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrado, en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Durante el período de tratamiento, las semillas deben agitarse regularmente con el fin de obtener

resultados uniformes. El tiempo de tratamiento varía según la especie. Al final del período de tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitarles el restante.

La sustancia química que más se utiliza para romper la latencia de las semillas es el ácido sulfúrico, sumergiéndolas por un tiempo determinado. Sin embargo, se debe tener el cuidado con la concentración y tiempo de exposición de las semillas al ácido, ya que éste puede penetrar hasta el embrión y provocar su muerte. En algunas especies es más eficaz el tratamiento con agua caliente (Padilla, 1995).

Escarificación biológica: Consiste en la remoción de inhibidores, ablandamiento y/o adelgazamiento de las cubiertas por acción de aves o mamíferos.



b) Estratificación

Otro método para eliminar la latencia en semillas es la estratificación, que consiste en la combinación de humedad y temperatura para estimular la germinación. Este método consiste en colocar las semillas embebidas con agua, en sustratos o estratos húmedos, pudiendo ser, arena, argollita, vermiculita, etcétera (Varela, S.; y Arana, V. 2011). El tiempo de estratificación variará según la especie. Existen dos tipos: I) frío-húmedo, utilizada en frutales con hueso; y II) calor-humedad, empleada en varias especies de palmeras.

c) Tratamiento con productos químicos

Existen compuestos que estimulan la germinación. Entre los más usados están: nitrato de potasio, tiourea (compuesto orgánico de azufre), etileno, ácido giberélico (GA3), citocininas, giberelinas, entre otros. Todas estas sustancias se emplean en diferentes concentraciones y tiempos de exposición, dependiendo de la especie a tratar (Varela, S.; y Arana, V. 2011).

PREPARACIÓN DE ALMÁCIGOS

Un almácigo permite reproducir plantas a partir de sus semillas, en aquellos casos en que la siembra directamente sobre el terreno puede presentar dificultades. Además, permite mantener bajo control las condiciones de germinación de la semilla y el posterior desarrollo de la planta hasta el momento del trasplante.

Puede hacerse sobre el suelo, pero es mejor utilizar un recipiente transportable que puede ser cualquier caja o recipiente impermeable, como botes, recipientes de yogurt, botellas, charolas etcétera, y que tenga una profundidad mínima de unos 15 cm y un tamaño adecuado a la cantidad de semillas que deseemos sembrar.



Figura 18. Dos tipos de almácigos. (Izquierda) Charolas de germinación con cavidades. (Derecha) Almácigo rústico con siembra directa. Fotografías: Francisco Chi.

Recomendaciones

1. Asegurar el drenaje necesario.
2. Preparar la mezcla del sustrato: 1/3 de tierra negra, 1/3 de arena y 1/3 de composta (Puede utilizarse *peat moss* en lugar de tierra y/o composta).
3. Cernir el sustrato.
4. Extender en el fondo del almácigo la parte que no pasó por el cernidor para propiciar un mejor drenaje.
5. Tener unos 20 cm de la composición de la muestra en la superficie, parte fina.
6. Una vez preparado el almácigo, se trazan los pequeños surcos sobre la superficie de la tierra, en una distancia de 8 a 10 cm entre sí y de 0.5 a 1 cm de profundidad.
7. Luego, se siembra en el almácigo las semillas deseadas, a una profundidad igual a dos veces el grueso de la semilla, con un espacio de un centímetro entre semillas. Después se cubre la semilla con la misma mezcla fina de almácigo, evitando cubrirla con piedras o partes pesadas más grandes. Al final se comprime ligeramente la tierra, para que no se deslave la semilla y así germine más rápido.
8. Aplicar riegos someros, para evitar que las semillas se dispersen.
9. Cuando comienzan a germinar las semillas, las colocamos al sol unas 4 horas diarias; después de una semana, las ponemos al sol todo el día.

Durante todo el tiempo hay que mantener los almácigos bien regados. Nunca deben secarse. Para regar podemos utilizar una regadera común o un bote que tenga agujeros, aunque lo mejor es un pulverizador. Sea cual sea la opción elegida, hay que tener en cuenta que siempre hay que hacerlo con mucho cuidado para que no caigan chorros que puedan deslavar la tierra y descubrir la semilla.



Figura 19. Muestra del procedimiento para la preparación de almácigos: delimitación, preparación y tamizado de sustrato y extendido de tierra fina, lista para siembra. Fotografías: Francisco Chi.

SUSTRATOS

Según Abad *et al.* (2004), en horticultura, el sustrato es todo material sólido distinto del suelo *in situ*; natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular desempeñando la función de soporte para la planta. De esta definición se desprende que cualquier material poroso, independiente de su origen, puesto en un contenedor que va a albergar una planta, se denomina sustrato para plantas. Con este concepto, aquella porción del suelo mineral, generalmente extraído de los primeros centímetros del Horizonte A del suelo *in situ* y comúnmente llamado tierra, tierra negra o tierra para macetas, pasa a ser un sustrato cuando se llena una maceta en la cual va a ser puesta una semilla, esqueje o cualquier órgano de propagación que va a dar origen a una planta. (Valenzuela, O.R. 2015.)

El sustrato puede incluir materiales bióticos o abióticos. Por ejemplo, las algas que viven en una roca pueden ser el sustrato para otro animal que vive en la parte superior de ellas. El sustrato ideal debe tener nutrientes en forma asimilable para la planta (nitrógeno, potasio, fósforo, azufre, calcio, magnesio y hierro, entre los macro elementos; y cobre, zinc, sodio, manganeso, boro, cloro y molibdeno, entre los micro elementos). Estos nutrientes, sobre todo el nitrógeno, fósforo y potasio, deben ser aportados mediante abonados, ya que las necesidades de la planta son grandes y el espacio con sustrato de una maceta es pequeño (Osuna F., H. et al, 2017).

Principios básicos de los sustratos

Debido a las diversas fórmulas disponibles para los productores, puede ser todo un desafío escoger la mejor mezcla para sus cultivos. Comprender la composición, las funciones y el uso previsto puede facilitar el proceso de selección.

¿Cuáles son las funciones de los sustratos?

Los sustratos sirven para la **retención de agua** y nutrientes, son un lugar donde los gases y los nutrientes se intercambian y también sirven como **anclaje** para el sistema radicular de la planta. Estas características físicas están determinadas por los componentes que se usan y la proporción en la que se encuentran en la mezcla. Lo importante es recordar que las características físicas resultantes no son equivalentes a la suma de los ingredientes.

Primero, revisaremos los componentes que se utilizan para formular sustratos, luego nos centraremos en las características de los sustratos y finalmente, veremos los aditivos biológicos.

• Componentes:

Los componentes de los sustratos pueden ser orgánicos o inorgánicos. Los componentes orgánicos son, entre otros, hojarasca, corteza de árboles, coco en trozos, etcétera. Los componentes inorgánicos son, entre otros, perlita, piedra pómez, vermiculita, arena, etcétera. Algunos de estos componentes retienen el agua sobre sus superfi-

cies, otros la retienen dentro de sus estructuras y otros como la perlita, retienen muy poca agua, comparado con otros componentes. (Valenzuela, O.R. 2015.).



Figura 20. Sustratos orgánicos (De izquierda a derecha: composta, peat moss y mezcla con fibra de coco). Fotografía: Clarisa Jiménez.



Figura 21. Sustratos inorgánicos (De izquierda a derecha: agrolita, tezontle y gravilla). Fotografía: Clarisa Jiménez.

• **Características físicas:**

Aunque existe una cantidad de análisis de laboratorio para la caracterización física de los sustratos, las tres medidas más comunes son:

- **Densidad aparente** (peso por volumen), la densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real; o bien, a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente. La densi-

dad real tiene un interés relativo. Su valor varía según la materia de que se trate y suele oscilar entre 2.5 y 3 para la mayoría de los de origen mineral. La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. Los valores de densidad aparente se prefieren bajos (0.7 y 0.1) y que garanticen una cierta consistencia de la estructura (InfoAgro. 2017).

- **Capacidad de retención de agua.** Es el porcentaje de volumen de agua retenida por el sustrato después de ser saturado y haber drenado libremente.
- **Aireación.** Es una medición del volumen del espacio poroso ocupado por aire después de que se deja drenar un sustrato saturado. En su mayor parte, los productos de sustratos envasados tienen una baja densidad aparente, ya que la mayoría son fabricados con base a turba de musgo esfagnácea y tienen una mayor capacidad de retención de agua. Los sustratos con base a corteza son productos de mayor peso, son adecuados cuando se necesita un drenaje y estabilidad del recipiente altos. Por lo general, ambos productos tienen buena aireación, que se encuentra entre 10 y 18% por volumen en la mayoría de los sustratos.

• **Características químicas:**

Dos medidas importantes para los sustratos son el pH y la CE (conductividad eléctrica). El pH es una determinación de cuán ácido o básico es una sustancia o una solución. La CE mide la capacidad de la solución del suelo para conducir una corriente eléctrica y es un indicador de la cantidad de nutrientes disponibles que los cultivos pueden absorber. Para los sustratos, para propósitos generales, el intervalo de pH ideal es entre 5.2 y 6.2 y el objetivo es de 5.8 cuando está a saturación.



La CE deseada para los sustratos es de entre 1.0 y 2.0 mmhos/cm. Para la germinación de semillas y el arraigo de los esquejes, el pH deseado será entre 5.0 y 6.0 y el objetivo cuando esté saturado será de 5.6. Este intervalo de pH es un poco menor, ya que tiende a aumentar durante el uso por las aplicaciones mínimas de fertilizante y la alcalinidad del agua de riego por la vaporización constante. La CE deseada para la germinación y la propagación de los sustratos es de entre 0 y 1.0 mmhos/cm.



Propiedades y características de los sustratos, tanto de componentes orgánicos como inorgánicos (Ansorena M., 1994)

COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS DESEABLES	EJEMPLOS
Inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> Alta capacidad de retención de agua y agua disponible. Tener una baja densidad de partículas. Tener buena distribución de tamaño de partículas 	<ul style="list-style-type: none"> Vermiculita (tiene alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), (alta capacidad de retención de agua, baja densidad de partículas). Perlita (porosa, inerte, débil mecánicamente). Arenas (alta densidad de partículas, baja CIC). Arcilla calcinada (porosa, baja CIC). Subproductos minerales (tales como óxidos metálicos).
Orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> Alta capacidad de retención de agua y agua disponible. Bien composteados y/o tratados con nitrógeno. Tener un bajo contenido de sales solubles (conductividad eléctrica <math><4 \text{ mmhos} < \text{cm}^{-1}</math>). Tener buena distribución de tamaño de partículas. Que no contengan compuestos tóxicos (como toxinas vegetales o químicos orgánicos). Que no sean portadores o vectores de plagas y/o enfermedades. 	<ul style="list-style-type: none"> Turba (<i>peat moss</i>) (excelente retención de agua, CIC, baja densidad de partículas). Materia orgánica composteada (hojas de árboles, césped, residuos de poda). Productos y subproductos de madera (corteza, aserrín, virutas, etcétera). Lodos de tratadora o depuradora (debe tenerse cuidado con textura fina y metales pesados). Otros materiales (estiércol, pajas, bagazos, cascarillas, etcétera).



SIEMBRA Y TRASPLANTE

Siembra de las semillas

Puede realizarse directamente en bolsas o en semilleros. En el caso de lo primero, es recomendable para especies susceptibles a trasplante. La siembra en semilleros presenta la ventaja de que en un reducido espacio se puede obtener una gran cantidad de plántulas, las cuales pueden ser posteriormente sembradas a bolsas o camas de crecimiento cuando presenten de 2 a 4 hojas y ya tenga desarrollado su cotiledón.



Figura 22. Muestra del tamaño adecuado de las plantas para trasplante. Fotografía: Francisco Chi.



Figura 23. Muestra del proceso para el llenado de bolsas donde se colocarán las plantas. Fotografía: Francisco Chi.



Figura 24. Muestra de la colocación y alineado de bolsas. Fotografía: Francisco Chi.



Figura 25. Muestra del trasplante de plántulas a bolsa.

PRÁCTICAS CULTURALES

Prácticas de mantenimiento

Una vez producidas las plántulas mediante las diferentes vías de propagación, es necesario implementar una serie de actividades que nos permitan llevar a cabo el desarrollo de plantas sanas, vigorosas y de buena calidad. Hay que tener en cuenta dos aspectos importantes para la fase:

- La **humedad y la temperatura**, éste último factor no representa un problema serio dado el clima que prevalece en la península de Yucatán. No obstante, la característica árida de la zona (marcado período de sequía) conlleva a considerar a la humedad como un factor crucial. Por lo tanto, algunas especies deberán ser alojadas en sombreaderos o en invernaderos. Otros aspectos a considerar para mantener las especies en cuestión son:
- **Riego.** Esta actividad se llevará a cabo por aspersión manual. La frecuencia de la aplicación está determinada por el tipo de especie como por la época del año, procurando mantener la humedad de la tierra sin que tenga un exceso de agua, lo que podría perjudicar a las raíces de las plantas y favorecer el crecimiento de organismos patógenos. El número de riegos que daremos a la semana será de tres, dependiendo de las lluvias.
- **Fertilización.** En esta práctica es vital considerar que existen ciertos elementos que son importantes y necesarios para el desarrollo adecuado de la planta. Generalmente son tres: nitrógeno (N), fósforo (F) y potasio (K), básicos para el crecimiento vegetativo, el desarrollo de las raíces y para las reacciones energéticas de las plantas respectivamente.



Ilustración 26. Invernaderos donde se controla la humedad y la temperatura.



Ilustración 27. Sustrato ideal para el crecimiento vegetal; muestra porosidad, ligereza y es rico en nutrientes. Foto: Francisco Chi.



No obstante, los micro elementos son también minerales esenciales para el desarrollo de las plantas, que en cuyo caso serán complementarios para un buen desarrollo de los individuos. La forma más eficiente de una buena aportación de nutrientes a las plantas, y que será la que emplearemos, es la aplicación de materia orgánica a los contenedores donde se desarrollarán las plántulas: la composta y abonos orgánicos como estiércol de aves, cerdos y ganado vacuno.

- **Control de malezas.** Son plantas nocivas para las especies, ya que compiten con ellas por espacio, nutrientes y luz, y en ocasiones pueden propiciar la aparición de enfermedades. Para el control de las malezas se emplearán métodos manuales (deshierbos y chapeos).

LITERATURA CITADA

- Abad, M.; Noguera, P.; y Carrión, C. (2004). Los sustratos en los cultivos sin suelo. En Urrestarazu, M. (ed.), *Tratado de cultivo sin suelo* (113-158). 3° Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 928 p.
- Aguirre, Roberto; y Peske, Silmar T. (1988). *Manual para el beneficio de semillas*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. ISBN-84-89206-75-9.
- Padilla, M. (1995). *Tratamientos pregerminativos para semillas forestales*. En *Curso Nacional de Recolección y procesamiento de Semillas Forestales* (I., 1995, Guatemala). Memoria. Guatemala. CATIE.
- Ansorena M., Javier. (1994). *Sustratos: propiedades y caracterización*. Mundi-Prensa, España. ISBN: 8471144816, 9788471144812. 172 p.
- Charuc Chip, Juan F. (2016). *Evaluación de métodos de escarificación en semillas de pacaína (Chamaedorea sp)*. Chimaltenango, Tesis de Grado. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícola. Licenciatura en Ciencias Agrícolas con Énfasis en Gerencia Agrícola. Guatemala.
- Hartmann, Hudson T.; y Kester, Dale E. (1997). *Propagación de plantas. Principios y Prácticas*. Quinta impresión. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. ISBN: 968-26-0789-2.
- InfoAgro. 2017. *Las propiedades de los sustratos de cultivo*. <https://mexico.infoagro.com/las-propiedades-de-los-sustratos-de-cultivo/>
- Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación (FAO). (1991). *Guía para la manipulación de semillas forestales*. Roma. ISBN 92-5-302291-4.
- Osuna Fernández, Helia R.; Osuna Fernández, Aída M.; y Fierro Álvarez, Andrés. (2017). *Manual de propagación de plantas superiores*. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Autónoma Metropolitana. Primera edición digital. ISBN: 978-607-28-1054-9.
- Pérez, A. (2008). *Evaluación de doce métodos de escarificado en semillas de Chonte (Zanthoxylum aguilarii) y Canoj (Ocotea guatemalensis) en el Asintal, Retalhuleu*. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala. 126 p.
- Valenzuela, O.R. (2015). *Conferencia 1° Simposio Regional de Viveros Cítricos Bajo Cubierta*. 14 al 16 de mayo 2015. Concordia, Entre Ríos.
- Varela, Santiago A.; y Arana, Verónica. (2011). *Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos*. Serie técnica: "Sistemas Forestales Integrados". Grupo de Ecología Forestal, INTA EEA Bariloche. Unidad de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal, INTA EEA Bariloche.

Autor



M.C. Francisco Chi May. Es especialista en propagación de plantas nativas, adscrito a la Unidad de Recursos Naturales del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.