

## INTRODUCCIÓN

Las principales fuentes vegetales de biodiesel son el aceite de soya, girasol, palma y colza. Sin embargo, existen otras plantas menos conocidas y cuyo cultivo puede ser también una fuente promisoría de biodiesel. Entre estas se encuentra *Jatropha curcas* L. cuyo su cultivo se está promocionando en diversos países como México para la generación de biodiesel. Con el aceite de este en una planta procesadora puede producirse este aceite tras prensado y filtración. Después, mediante transesterificación se transforma en biodiesel con propiedades similares al diesel (Zhou y col., 2006). De una producción de semilla de 5 Tn/año · Ha se obtienen 2 Tn de aceite y 1 Tn de harina desengrasada rica en proteínas (Makkar y col., 1998).

Se sabe que tiene la capacidad para crecer en terrenos no cultivables y por su resistencia a la sequía, no compite directamente con cultivos destinados al consumo humano. Por todo ello puede ser una excelente alternativa en la reforestación de zonas erosionadas, para los agricultores que se encuentran en regiones en donde sus cultivos han perdido su valor comercial y para aquellas tierras que no son aptas para cultivo.

Todas las posibilidades que presenta esta planta ha llevado a la consideración de lo que se ha denominado el “*Sistema Jatropha*” que puede definirse como una aproximación al desarrollo rural integrado. Al sembrar piñoncillo alrededor de una plantación se protegen las plantas cercadas de los herbívoros. El aceite de la semilla puede usarse para obtener jabón o para cocinar y para la obtención de biodiesel. También pueden dar sombras a plantas de café y vainilla, reducir la erosión y tiene aplicaciones medicinales (estreñimiento, malaria, antiinflamatoria, etc.). El sistema energético basado en el cultivo local del piñoncillo es descentralizado, duradero, que descansa en el conocimiento local y sostenible, en el sentido literal de la palabra. Su uso integral se traduce pues en un incremento del uso de energías renovables y reducción de la erosión.

Debido a estas características al igual que otros cultivos es necesario ampliar el conocimiento de esta planta ya que se con la alta demanda existente se han realizado plantaciones sin tener un conocimiento previo del cultivo de piñoncillo, por lo que se debe considerar que cada sitio en donde se pretenda plantar tiene una aptitud productiva natural que permite definir usualmente los terrenos si son aptos para dicho cultivos de acuerdo a las características físicas y químicas que posee, así como de las condiciones de disponibilidad de agua, clima y topografía en las que se encuentra. Cuando estos son usados en forma inadecuada y con objetivos productivos distintos a sus aptitudes, tendremos como resultado la pérdida de productividad, por lo que es importante planificar cuidadosamente las plantaciones ya que de esto dependerá la producción y la inversión para su cuidado.

El presente manual describe las actividades realizadas durante 3 años.

## CLASIFICACIÓN, MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA

El piñoncillo pertenece a la familia *Euphorbiaceae* y al género *Jatropha* el cual cuenta con más de 175 especies repartidas por las zonas templadas y cálidas del mundo. En México esta especie recibe numerosos nombres vernáculos, muchos derivados de lenguas indígenas que demuestran la antigüedad de su conocimiento. Así, se la conoce como piñón purgante, piñoncillo, nuez negra, sikil-te, avellanas purgantes (Veracruz), quahaychuachilli (lengua zoque), sangregado, piñón de Indias, piñoncillo san regado (Sinaloa), ziquilte, x-kakal-che, sikililte, quahayhuachtli, skilte o kakal-che (Yucatán) (Martínez, 1986).

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>Filo/división</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Orden</b>	<i>Euphorbiales</i>
<b>Familia</b>	<i>Euphorbiaceae</i>
<b>Género</b>	<i>Jatropha</i>
<b>Especie</b>	<i>curcas</i>
<b>Nombre científico</b>	<i>Jatropha curcas</i> L.

### VARIEDADES:

**Tóxica:** Se han identificado árboles con producción de semillas Tóxicas, las cuales tienen bajo contenido de ésteres de forbol, se han ubicado la mayoría de estas, en los Estados de Chiapas, Michoacán y Guerrero y en el Sur de Veracruz

**No tóxica:** Se han identificado semillas con bajo contenido de ésteres de forbol, en los Estados de Puebla, Veracruz (región montañosa y norte) y Morelos. No se distinguen diferencias en cuanto a sus características físicas entre una variedad y otra.

### MORFOLOGÍA

Es un arbusto, monoico que puede llegar a los 3 metros de altura (Figura 1). Tiene un tallo recto con corteza gris; presenta escamas lúcidas, la cera que cubre la corteza es de color verdoso cenizo. Presenta un crecimiento articulado con morfología discontinua en cada aumento, está dividido desde la base, en ramas largas con numerosas cicatrices producidas por la caída de las hojas en la estación seca, las cuales resurgen en primavera y exuda un látex traslúcido (Figura 2. A).

Posee raíces cortas y poco ramificadas, normalmente cuando las plántulas proceden de semillas se forman cinco raíces, una central y cuatro periféricas; dos secundarias y dos terciarias (Figura 2.B).

Las hojas verdes forman con cinco ó siete lóbulos acuminados poco profundos y grandes, presenta pecíolos largos con una longitud de 7 a 16 cm y ancho de 9 a 15 cm, con cinco nervaduras salientes en el envés. (Figura 2 C).

La flor es monoica, presentándose los dos órganos, masculino y femenino en la misma planta, las inflorescencias se forman regularmente en las yemas axiales de las hojas. Sus flores son verdosas o blanco- amarillentas de 5 a 10 mm aproximadamente con un pedúnculo de 4 a 10 cm de largo, con un ligero aroma a azahar.

El androceo (flor masculina) está formado por diez estambres dispuestos en dos verticilos diferentes en una sola columna y en estrecha proximidad unos de otros. Las flores son polinizadas por insectos, especialmente abejas. Cada inflorescencia rinde un manojo de aproximadamente diez frutos. (Ashwani y Satyawati, 2008). (Figura2 D).

El fruto de *Jatropha curcas* L. es una drupa de forma oval de cuatro a cinco centímetros de largo y de tres a cuatro centímetros de ancho. Cuando se encuentra en una etapa inmadura es color verde y en etapa madura de color amarillo. (Figura2 E). Cada fruto contiene tres semillas ovoides de color negro, a veces se pueden encontrar cuatro. Las semillas tienen un grueso endospermo y un embrión con dos cotiledones foliáceos de color blanco (Figura2) (Martínez *et al.*, 2004) . (Figura2F).



Figura 1.- Árbol de piñoncillo

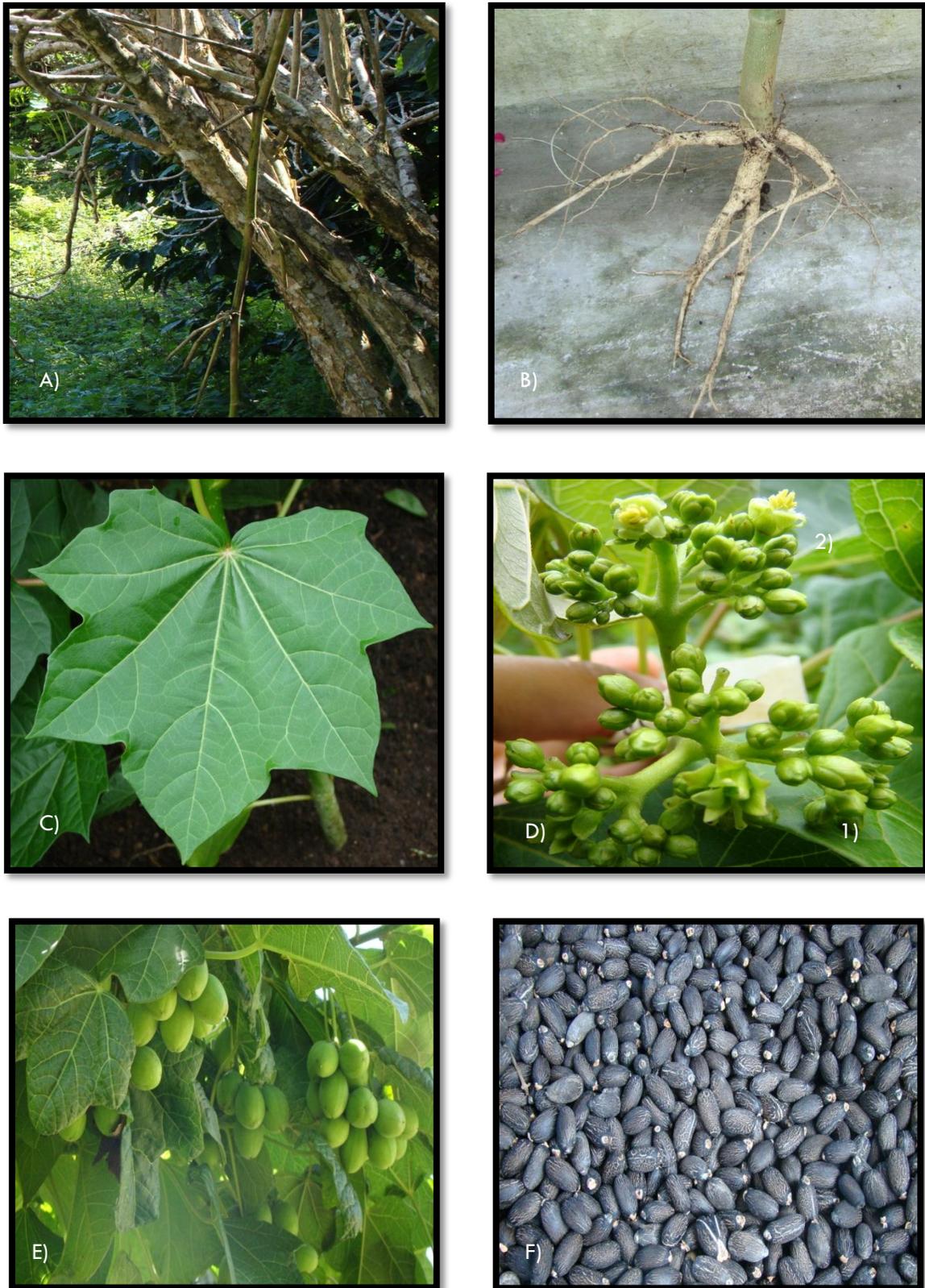


Figura 2.- Partes del árbol. A) Tallo , B) Raíz C) Hoja D) Flor (1.- Femenina, 2.- Masculina); E) fruto, F) semilla de piñoncillo.

## REQUISITOS DE CLIMA Y SUELO

La planta del piñoncillo se ha encontrado en diferentes climas que van de lo tropical, subtropical, cálido y semicálido, húmedo a sub-húmedo y semiárido. Los requisitos ecológicos para la producción de piñoncillo son distintos, dado que la planta se adapta a diferentes ambientes. No obstante, para que exista una producción la planta presentará diferente respuesta de acuerdo al clima y tipo de suelo.

En bibliografía y en sitios de internet a *Jatropha curcas* o comúnmente llamado piñoncillo se le describe como un árbol que no requiere muchos cuidados; sin embargo, se ha observado que en monocultivo presenta diferente respuesta de acuerdo al clima y suelo en donde se cultiva

### CLIMA

La planta del piñoncillo puede mantenerse principalmente en climas tropicales y subtropicales, en donde se pueden encontrar frecuentemente de forma silvestre, aunque se conoce que la planta sobrevive en climas secos. El éxito del cultivo dependerá de varios factores entre ellos la variedad la precipitación y tipo de suelo ya que para obtener una buena cosecha de esta se requiere de riego o tener precipitaciones de un rango de 300 a 1000 mm aproximadamente.

Los climas fríos menores a 10°C pueden afectar a la planta provocando quemaduras por lo que pueden causar pérdida de la cosecha.

### SUELO

El comportamiento del piñoncillo además del ecotipo que se siembre dependerá mucho del tipo de suelo. Se sabe que la planta es poco exigente en relación a este factor, por lo que se ha cultivado desde suelos arcillosos hasta arenosos, manteniéndose en diferentes tipos de climas. No obstante, para que exista un buen desarrollo y por consiguiente una buena cosecha es necesario contar con suelos fértiles con un pH cercano a la neutralidad ya que los pH ácidos hacen menos disponibles los nutrientes para las plantas.

En plantaciones mantenidas en suelo arcilloso debido a su baja porosidad, la compactación provoca dificultades de penetración de las raíces, impidiendo un buen desarrollo de estas y por consiguiente un crecimiento nulo en las plantas. En el caso de suelos arenosos se debe contar con suficiente agua debido a la infiltración de esta además de la fertilización para el crecimiento de la planta y la obtención del fruto (Figura 3).



Plantaciones en suelo arenoso (2 años de edad) plantación en suelo fértil (4 meses de edad).



Plantación en suelo fértil, sembrada directamente (edad 2 meses).  
Plantación en suelo arcilloso (Edad 1 año).

Figura 3.- Respuesta del piñoncillo sembrado en diferentes tipos de suelo.

### ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO.

Se debe considerar que cada sitio tiene una aptitud productiva natural que permite definir usualmente los terrenos si son aptos para dicho cultivos de acuerdo a las características físicas y químicas que posee, así como de las condiciones de disponibilidad de agua, clima y topografía en las que se encuentra. Cuando estos son usados en forma inadecuada y con objetivos productivos distintos a sus aptitudes, tendremos como resultado la pérdida de productividad, por lo que es importante planificar cuidadosamente las plantaciones ya que de esto dependerá la producción y la inversión para su cuidado.

## PRODUCCION DE PLANTA

Tradicionalmente el piñoncillo se ha propagado mediante esquejes ya que para los agricultores representan un desarrollo rápido, característica que satisface sus necesidades del uso de esta planta como cerco limitante, en contraste con la propagación de las semillas, las cuales es un crecimiento relativamente lento. Sin embargo; ambos tipos de propagación presentan ventajas y desventajas.

En el caso de la propagación de esquejes (como todo tipo de propagación clonal), se orienta a la reproducción idéntica de las plantas con características deseables, además de que acorta ciclos reproductivos, no obstante, una limitante de esta propagación es la dispersión de enfermedades causadas principalmente por bacterias y virus. De tal manera que si se obtiene un esqueje (estaca, yema, etc.) éste también llevará consigo la enfermedad. Otra desventaja importante a considerar es que este tipo de reproducción no permite la recombinación genética lo que favorece la evolución y adaptación de las especies.

La propagación por semilla o reproducción sexual, presenta grandes ventajas a nivel poblacional, ya que con ella se incrementa la velocidad de adaptación o ajuste de las poblaciones a los cambios ambientales y se evita que las mutaciones desfavorables acumuladas en diversos tejidos de las plantas las cuales podrían pasar a la siguiente generación, contribuyendo con esto a la conservación de la diversidad biológica, de vital importancia para la sostenibilidad de la agricultura.

## PROPAGACION POR ESQUEJE

Para la obtención de estos se debe tomar en cuenta el árbol madre de donde se generarán, este debe presentar características deseables como son: árbol sano, libre de plagas y enfermedades, que produzca semilla no tóxica y alta producción anual.

Se recomienda aprovechar el tiempo de poda para la generación de esquejes en los meses de Febrero-Marzo.

Los explantes que servirán como esquejes deben realizarse en las puntas de las ramas o cerca de estas, con un grosor aproximado de 1.5 – 2.0 cm de diámetro y una longitud de 35-40 cm aproximadamente de tono café-verdoso ya que son tejidos jóvenes que aún pueden regenerar brotes. Una vez obtenidos los esquejes se mantienen en agua con enraizador durante una semana, agitando la solución cada tercer día para provocar aireación, pasado este tiempo se siembran en bolsa negra de 30 cm con suelo enriquecido con el enraizador (raizal® 1.0 mg/L). (Figura 4).

Dependiendo las condiciones ambientales, se recomienda realizar riegos con esta solución cada tercer día a punto de saturación sin exceso de la misma ya que se provocaría la muerte de este. En caso de climas secos si es necesario un riego frecuente debe intercalarse riegos de solución enraizadora y agua.



Figura 4.-Reproducción de plantas de piñoncillo por medio de esquejes en invernadero

### PROPAGACIÓN POR SEMILLA.

Se debe seleccionar semillas que se conozca tengan alto contenido de aceite, proteínas y no tóxicas ya que estas características son importantes para el manejo de subproductos las cuales añaden valor a la producción del cultivo de piñoncillo, ya que si se quiere propagar este tipo de semilla para la generación de biocombustible se puede aprovechar la pasta residual después de haber prensado las semillas; en contraste, con las tóxicas la cuales su uso se limita a ser fertilizante para suelo.

Para la propagación de la planta se dejan remojar semillas durante 24 horas en agua. Transcurrido este tiempo se depositan sobre toallas de papel pre-humedecidas dentro de recipientes de plástico herméticos y se dejan a una temperatura aproximada de 23-26 °C, se deben regar para mantenerlas húmedas. Con este método se puede observar la germinación y emergencias de semillas al cuarto día.( Figura 5).

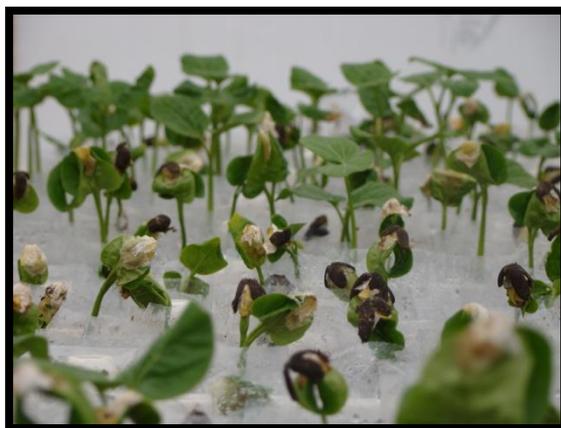


Figura 5.-Germinación de semillas de piñoncillo, Propagación Invernadero

En el caso de contar con semillero como los realizados para planta de café se debe humedecer el sustrato (1:1) suelo compost de café y sembrar las semillas casi en la superficie (no más de 1 cm de profundidad), se cubren con costales para protegerlas, se debe monitorear la humedad durante la germinación y emergencia de estas ( Figura 6).



Figura 6.-Siembra de piñoncillo en semillero para café

En ocasiones aparecen semillas infectadas por hongos los cuales según reportes se han encontrado en la testa debido a su manejo durante la cosecha. Para evitar esta contaminación se recomienda el uso de antifúngicos como tiabendazol (Tecto™ 400) diluido en 1L de agua caliente (cercana a su punto de ebullición (70°C) esta solución sirve para medio Kg de semillas (Figura 7).



Figura 7.- Semillas infectadas por hongos

El procedimiento se puede realizar con una botella de plástico en donde se colocan semillas agregándolas la solución antes mencionada. Se agitan durante 15 minutos, se les elimina el resto de la solución y se depositan sobre toallas de papel pre-humedecidas en un recipiente de plástico con tapa como cámara de incubación manteniéndolas a una temperatura de entre 24-27 °C hasta que se observe la germinación y emergencia de las semillas (Figura 8).



Figura 8.- Desinfectado de semilla de piñoncillo

Al emerger las semillas deben ser sembradas en bolsa negra con sustrato a poca profundidad con la radícula hacia abajo. En el caso de los semilleros pueden permanecer hasta dos meses después que aparezca la hoja definitiva (Figura 9).



Figura 9.- Semilla germinada, hojas cotiledonales y hoja definitiva

## TRANSPORTE DE PLANTA

Es necesario asegurar la integridad de la planta hasta el sitio donde se plantara debido a que de esto dependerá el éxito de la plantación, el tipo de embalaje podría causar daño fisiológicos y hasta la muerte de las plantas. Esto también dependerá de la distancia en donde se encuentre el lugar donde se pretende sembrar.

En el caso del piñoncillo se puede transportar en cajas o rejas evitando dañar el follaje. Se recomienda realizarlo cuando estén las temperaturas bajas del día (mañana, tarde). Ya que a temperaturas de 35-40 puede existir daño en el follaje (Figura 10).



Figura 10.- Embalaje y transporte de planta mediante cajas.

## HABILITACIÓN DEL TERRENO.

El objetivo de esta etapa es tener un terreno propicio para establecer un cultivo en donde las plantas puedan crecer y producir adecuadamente, además de facilitar las labores culturales en el terreno, factor importante a considerar debido a que de esto dependerá la inversión que se haga para el mantenimiento de la plantación y el éxito en el desarrollo de la planta y cosecha del fruto.

La preparación del terreno será de acuerdo a las características de su tipo de suelo, pendiente, y accesibilidad por lo que en ciertos casos la habilitación del terreno puede ser efectuada mediante maquinaria pero en otros debe habilitarse de forma manual. (Figura 11).

Para la instalación de la plantación se debe considerar la distancia de planta a planta, debido a las características del piñoncillo se recomienda sembrar 3x3 m, por lo que para una hectárea sembrada en diseño de plantación *marco real* cabrían 1,111 plantas, al igual que en plantación por *tres bolillo* si el terreno está en pendiente, se recomienda realizar terrazas individuales para evitar que en época de lluvias el agua arrastre de suelo y escurrimientos.



Figura 11.- Plantación en pendiente, plantas sembradas en terrazas individuales por tres bolillos.

### LABORES CULTURALES

Diversas fuentes indican que el piñoncillo no requiere de muchos cuidados para su desarrollo y mantenimiento; no obstante, si se realizan cultivos para explotación comercial; al igual que otros, requiere de un buen cuidado; uso de fertilizantes, chapeo y podas, para obtener una buena producción del fruto.

La siembra del piñoncillo debe ser antes de las lluvias para que estas favorezcan en el desarrollo de la planta, el suelo debe presentar humedad. Es importante considerar el deshierbe de maleza para facilitar la siembra de las plantas y no exista competencia con otras y para evitar plagas y enfermedades.

En caso de la fertilización se recomienda utilizar fertilizantes con NPK alrededor de la planta además de Boro y Calcio en foliar cuando se acerque la etapa de fructificación y cosecha (Figura 12). El uso de biofertilizantes también ayuda al piñoncillo ya que se ha observado un mejor enraizamiento de las plantas cuando se inocula con bacterias fijadoras de nitrógeno.



Figura 12.- Fertilización de planta.

## PODA

Se aconseja realizar poda apical ya que terminando el invierno y antes de la época de lluvias, el piñoncillo requiere de dos tipos de poda: Poda apical y poda de formación (Figura 13).

La poda apical se debe realizar cuando la planta es joven ya que la planta crecerá con pocas ramas por lo que no habría mucho fruto en ellas, la poda se realiza con un corte de 45° en un nudo del tallo para provocar el crecimiento de yemas laterales, la inclinación del corte impedirá la entrada de algún patógeno ya que el látex escurrirá por la inclinación, sirviendo como protección.



Figura 13.- Poda de piñoncillo, a). Poda apical, b) respuesta de poda apical

## PODA DE FORMACIÓN

Esta se lleva a cabo para facilitar la cosecha del fruto y se hace en las ramas del árbol, se debe aprovechar para cortar las ramas que se encuentren dañadas o viejas (Figura 14).



Figura 14.- Respuesta de poda apical y de rejuvenecimiento

### COLECTA.

Durante los meses de Junio-Agosto (y en algunas regiones hasta el mes de septiembre) se puede coleccionar el fruto. La recomendación es que este tenga una coloración verde-amarillenta, los frutos del piñón no maduran al mismo tiempo por lo que se recomienda hacer de dos a tres cortes dependiendo de la maduración de las drupas (Figura 15).



a) Fruto verde



b) Fruto maduro

Figura 15. Grado de madurez de fruto de piñoncillo

### SECADO DE SEMILLA

Después de la cosecha es necesario el secado de la semilla, este secado puede hacerse al sol, manteniendo las semillas sobre un plástico, se deben remover durante el día para que exista uniformidad en estas. Esto se realiza para evitar la contaminación por hongos ya que de lo contrario se corre el riesgo de la proliferación de estos si las semillas se conservan húmedas.(Figura 16).



Figura 16. Secado al sol de semillas de piñoncillo

### PLAGAS Y ENFERMEDADES.

Es importante considerar el continuo monitoreo de las plantaciones para identificar si existe alguna enfermedad o plaga y así tomar medidas preventivas ó correctivas.

Los insectos no benéficos que se han identificado en cultivos del piñón varían de acuerdo al sitio donde se encuentre. A continuación se muestran en imágenes los insectos no benéficos encontrados en plantaciones (Figura 17).



A). *Pachycoris klugii* encontrados en plantaciones del Estado de Puebla, ocasionan daño en tallo y frutos.



B). Cicadélidos encontrados en Morelos y Yucatán, son vectores de enfermedades



C). Orthópteros encontrados en los Estados de Puebla, Morelos y Yucatán. Son insectos defoliadores.



D). *Leptoglossus* (chinche pata de hoja) impide el desarrollo del fruto ya que se alimentan de él, permitiendo a su vez la entrada de patógenos debido a las heridas.

Figura 17. Insectos no benéficos detectados en plantaciones de piñoncillo.

A).*Pachycoris klugii* B).Cicadélidos , C).Orthópteros, D).*Leptoglossus*.

Respecto a enfermedades, la planta puede verse afectada por diversos tipos de nematodos, cómo: *Aphenculus* sp. Nematodo de la raíz; *Helicotylenchus* sp. Nematodo espirilado; *Tylenchus* sp., Nemaátodo cola de ratón, *Pratylenchus* sp. Nematodo lesionado ( Figura18) . Estos se alimentan de la planta, provocando marchitez, lo que pudiera parecer sequía, falta de nutrientes, etc.



Figura18.-Planta de piñoncillo afectada por nematodos.

El piñoncillo también puede verse afectado por hongos como *Fusarium culmorum* (pudrición de tallo); *Colletotrichum gloesporioides*; *Alternaria* sp. y *Erisiphales* sp (oidio). Provocan pudrición de tallo, raíz (Figura19).



Figura19.-Piñoncillo afectado por hongos. A) *Fusarium* B) *Erisiphe* sp.