

# Clonación Vegetativa- Propagación. Beneficios Forestales y Ambientales.

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE TECNICO EN  
CONTROL DE MEDIO AMBIENTE

WALKYRIA DEL CARMEN QUEVEDO JARA

PROFESOR GUIA:  
Cristian Pereira Aburto

2022

*...A la mujer que cambio mi vida,  
no solo cambio mi forma de ver el mundo,  
si no que también lo hizo un lugar mejor,  
por darme el animo, las ganas de continuar y  
hacerme una mejor persona cada día*

*Constanza Saavedra.*

## RESUMEN

Una problemática desde los inicios de la Industria Forestal y Celulosas, fue la extracción de su materia prima, así como este se ha visto envuelto en controversias por su efecto en el medio ambiente y deforestación de bosques nativos en Chile, dentro de los mismos para esto se han creado diferentes programas de parte del Ministerio de agricultura. Con la integración de nuevas metodologías de investigación, en cual se pueden obtener individuos idénticos (Clones) al árbol que se quieran replicar (Planta Madre).

La clonación vegetativa se basa en la propiedad de las células para reproducir un organismo completo, ya que cada una de ella logra contener la totalidad de la información genética del individuo original, manteniendo las mismas características de este en su totalidad, estos también pueden presentarse de forma natural. Así mismo como se propagan algunas especies como los Alamos y Sauces, los cuales son los ejemplos más conocidos. Sin embargo, existen árboles que presentan dificultades vegetativas. Los esfuerzos para lograrlo artificialmente han rendido pocos frutos, hecho que obliga a mejorar la metodología de multiplicación a niveles más rentables, para esto es necesario una cantidad de ensayos acertados y de error considerables, para estos el área de Genética genera una investigación exhaustiva sobre las necesidades de cada planta madre, dependiendo de la zona en la cual necesite crecer el ejemplar dependiendo de las condiciones climáticas a las que este se vea expuesto. Ya con los ejemplares definidos, entramos al área de Repropagación-Operacional donde utilizamos los mejores ejemplares para cada zona y comenzamos utilizando los clones ya previamente definidos así iniciamos su clasificación e identificación para una correcta manipulación, empezando el cultivo de cada ejemplar, llevándolo a las próximas fases que nos permitirán obtener el resultado esperado

Dentro de este sistema de producción consideramos la repropagación operacional como uno de los eslabones más importantes dentro de las áreas, para la correcta obtención de materia prima y de alta calidad, dentro del cual el vivero es el centro de operaciones, en el cual se logra obtener el resultado deseado, así también nos encontramos con cuatro procesos denominados; Genética, Reproducción Operacional, Enraizamiento, Cultivo y Crecimiento.

## Tabla de contenido

<b>1. OBJETIVO</b> .....	<b>6</b>
1. GENERAL.....	6
2. ESPECIFICO.....	6
3. ALCANCE.....	6
<b><i>CAPITULO II: CLONACIÓN VEGETATIVA</i></b> .....	<b>7</b>
2.1 OBJETIVOS DE LA CLONACION .....	9
2.2 TÉCNICAS DE CLONACIÓN .....	10
2.3 CLONACIÓN FORESTAL.....	19
<b><i>CAPITULO III: PROPAGACIÓN VEGETATIVA</i></b> .....	<b>22</b>
<b>3.1 CONTEXTO</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2 PROPAGACIÓN</b> .....	<b>22</b>
<b>3.3 PREPARACIÓN DE VIVERO ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO</b> .....	<b>25</b>
3.3.1 CALEFACCIÓN DEL INVERNADERO .....	27
3.3.2 VENTILACIÓN.....	32
3.3.4 CAUDAL MÍNIMO Y VOLUMEN DE DEPOSITO DE AGUAS. ....	38
3.3.5 TÉCNICAS DE SOMBREO .....	42
3.3.6 HUMEDAD .....	50
3.3.7 CRECIMIENTO .....	56
<b>3.4 LA PROPAGACION VEGETATIVA; COMO EJEMPLO EN LA PRODUCCION DE EUCALIPTOS</b> .....	<b>57</b>
3.4.1 VENTAJAS.....	58
3.4.2 DESVENTAJAS .....	59
3.4.3 DEBILIDAD A NIVEL DE POBLACIÓN .....	61
3.4.4 VÍA RETOÑACIÓN.....	62
3.4.5 CRITERIOS PARA SELECCIONAR LA ESTRATEGIA DE PROPAGACIÓN.....	62
3.4.6 VÍA INJERTO.....	65
3.4.7 PREPARACIÓN PARA LA ESTACA .....	66
3.4.8 INDUCCIÓN DE BROTES .....	67
3.4.9 PROPAGACIÓN MASIVA .....	67
3.4.10 ENSAYOS CLÓNALES.....	68
3.4.11 PENSAMIENTO CRITICO SOBRE EL USO DE LA CLONACIÓN VEGETATIVA .....	69
3.4.12 ASPECTOS FITOSANITARIOS.....	69

<b>3.5 MÉTODOS DE CONTROL GENÉTICO .....</b>	<b>70</b>
<b>3.5.1 DETERMINACIÓN DEL MATERIAL SUPERIOR.....</b>	<b>71</b>
<b>3.5.2 ENRAIZAMIENTO .....</b>	<b>72</b>
<b>3.5.3 SUSTRATO PARA ENRAIZAMIENTO .....</b>	<b>72</b>
<b>3.5.4 RIEGO EN INVERNADERO .....</b>	<b>73</b>
<b>3.5.5 PROCESO DE FORMACIÓN DE RAÍCES EN COSECHA DE ESTACAS.....</b>	<b>73</b>
<b>3.5.6 TIPOS DE ESTACA .....</b>	<b>77</b>
<b>CAPITULO VI: BENEFICIOS AMBIENTALES Y FORESTALES. ....</b>	<b>80</b>
<b>4.1 CLONACIÓN PARA EL MEDIOAMBIENTE.....</b>	<b>80</b>
<b>4.2 BENEFICIOS FORESTALES.....</b>	<b>83</b>
<b>4.3 VENTAJAS.....</b>	<b>86</b>
<b>4.4 DESVENTAJAS.....</b>	<b>94</b>
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>98</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>99</b>

#### **TABLAS**

<b>CAUDAL MÍNIMO Y VOLUMEN DE DEPOSITO DE AGUA.....</b>	<b>38</b>
<b>ESPECIES NATIVAS Y SU MÉTODO DE PROPAGACIÓN.....</b>	<b>82</b>

#### **IMÁGENES**

<b>SISTEMA DE PRESION NEGATIVAS Y POSITIVAS.....</b>	<b>36</b>
<b>COMBINACIÓN DE REFRIGERACIÓN CON SISTEMA DE PRESIÓN</b>	
<b>POSITIVA.....</b>	<b>36</b>
<b>EVAPORACIÓN DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA EXTERIOR Y</b>	
<b>HUMEDAD RELATIVA.....</b>	<b>39</b>
<b>RENOVACIÓN DE AIRE A TRAVÉS DE MANTAS EN FUNCIÓN DE</b>	
<b>TEMPERATURA EXTERIOR Y HUMEDAD RELATIVA.....</b>	<b>40</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE FIJACIÓN DE UNA PANTALLA TÉRMICA</b>	
<b>EN UN INVERNADERO ARQUEADO.....</b>	<b>48</b>
<b>PISCINA DE SETOS MADRES EUCALIPTO.....</b>	<b>57</b>
<b>COSECHA E INSTALACIÓN DE ESQUEJE.....</b>	<b>65</b>
<b>CLON EUCALIPTO YA ENRAIZADO.....</b>	<b>74</b>

## 1. OBJETIVO

### 1. GENERAL

Comprender las fases de la reproducción vegetativa y su uso en los viveros forestales, su correcto procedimiento y manipulación para obtener un clon óptimo, así como la repropagación de un individuo con mejoramiento genético, comprendiendo las diferentes técnicas de la estructura de un vivero y sus variaciones, así como el uso de clonación para el área forestal y sus beneficios ambientales.

### 2. ESPECIFICO

- Comprender la clonación vegetativa y sus distintas fases.
- Identificar los procedimientos de clonación y producción de clones.
- Analizar los procedimientos para la obtención de individuos clonados
- Comprender las variaciones ambientales de las estructuras de vivero
- Identificar Ventajas y Desventajas

### 3. ALCANCE

Los efectos ambientales generados por los procesos productivos de las empresas forestales ha sido motivo de muchas investigaciones y grandes controversias, por lo tanto la necesidad de cubrir esta necesidad a impulsado e las empresas a buscar el desarrollado de nuevas tecnologías productivas y de control, buscando soluciones, las cuales deben impulsar los procesos de producción correspondientes y así mismo que estos no generen contaminación ambiental ni estos afectes a trabajadores, medio ambiente y comunidades aledañas.

## CAPITULO II: CLONACIÓN VEGETATIVA

Se define la clonación, como el procedimiento de obtener una población de varios individuos genéticamente homogéneos a partir de uno solo, a través reproducción asexual. El concepto de clonación puede aplicarse, en la ciencia moderna, tanto a nivel molecular como celular. En la actualidad, la clonación molecular es un procedimiento consolidado que se utiliza amplia y rutinariamente dentro de la genética y la biología molecular. Esta constituye una poderosa herramienta que ha producido ya relevantes aplicaciones de diagnóstico y terapéuticas en la moderna biomedicina, así como importantes usos industriales por lo que a animales y plantas se refiere. Se puede aplicar el concepto de clonación, en la actualidad tanto en niveles moleculares a como nivel celular

Durante décadas, se han cultivado in vitro varias poblaciones individuales de células procariontas (bacterianas). Este es un asunto bastante simple: estos microorganismos, que crecen en la naturaleza como células individuales, son relativamente fáciles de cultivar, generalmente en la superficie del agar, una base semisólida de origen a partir de polisacáridos vegetales, utilizando un medio de cultivo simple. Recientemente, los especialistas en cultivo celular, utilizando técnicas más sofisticadas y sobre todo, utilizando medios de cultivo de tejidos complejos, han podido mantener y hacer crecer células eucariotas individuales (de plantas, animales e incluso tejidos y órganos humanos) in vitro.

El cultivo in vitro se considera el proceso más exitoso, ya que es el proceso donde mejor se controlan las condiciones de crecimiento y manipulación, en medio artificial y factores ambientales controlados.

Para obtener los resultados esperados, podemos considerar una célula madre vegetal o meristemo, es una célula nuclear indiferenciada, potente, amplia y definida que se reproduce asexualmente y es rica en nutrientes.

- Se dice que son indiferenciados, porque no tienen forma o volumen geométrico definido o constante.

- Se cree que son totipotenciales, ya que pueden transformarse en cualquier tipo de célula especializada.

Por lo tanto, las células madre son la fuente de otros tipos de células y los tejidos a partir de los cuales se forman. En otras palabras, las células madre son la fuente de cada individuo en su conjunto.

Tienen núcleos grandes, porque están en proceso de división celular continua y por esta característica reciben y acumulan muchos nutrientes.

Las células madre son típicas de los organismos multicelulares, es decir, plantas y animales. En las plantas, el tejido que forman se llama meristemo. Las células de meristemo están formando continuamente nuevas células madre dentro del tejido y nuevas células especializadas en el exterior. Los meristemos dan lugar a una planta completa. Las células madre nunca mueren. Así es, las células especializadas que han formado. Por ejemplo, las células madre forman hojas y estas células pueden morir debido a un entorno anormal o al final de su ciclo, pero las células madre formarán hojas nuevas cuando las condiciones sean adecuadas.

Los meristemos se pueden aislar de la planta y se pueden reproducir en condiciones ambientales controladas, como por ejemplo un laboratorio. Su crecimiento, en condiciones aisladas, forma un callo, es decir un tejido de crecimiento indefinido. (*Luis Francisco Moreno- 11.01.2018*)

El callo tiene la capacidad de cortarse o romperse en muchos trozos pequeños y cada trozo comienza a reproducirse y crecer en un medio nutritivo. Eso es clonación. Cuando cada porción de meristemo se coloca en condiciones de cultivo, la porción se vuelve asexual. La clonación es una actividad obligatoria para plantas con plantas que no producen semillas o tienen un ciclo de vida muy largo, como las orquídeas. O tienen semillas que no son viables o tienen poca viabilidad como las moras. Los árboles también se clonan para lograr la consistencia de la madera.

Otros ejemplos de plantas clonadas: variedades de frutos sin semillas; Yuca, caña de azúcar, papa, helecho ornamental, begonias, cubo, ibias, stevia, plantas leñosas como teca y eucalipto y muchas otras.

En pocas palabras, las plantas tienen células madre o meristemas, a partir de los cuales se forman nuevos individuos. El meristemo se puede clonar para producir plantas clonales de mejor rendimiento.

La clonación es un fenómeno que se da frecuentemente en la naturaleza. Todas aquellas especies que se propagan vegetativamente (por formación de estolones, bulbos, etc.) y que originan individuos idénticos a sí mismos, están originando clones.” *María Isabel Trujillo*”

Puede definirse como un grupo de individuos genéticamente idénticos que descienden de un solo individuo por reproducción clonal. La clonación es una práctica agrícola antigua utilizada para preservar los mejores rasgos de la planta madre.

Esta clonación se puede realizar en el árbol base de la pluripotencia celular de las plantas, que se puede clonar si se proporciona en las condiciones adecuadas. De hecho, cada célula que compone al individuo tiene la información genética necesaria para producir una nueva planta con su información genética completa.

## 2.1 OBJETIVOS DE LA CLONACION

### Uso de la Clonación Forestal

#### Áre Forestal

La clonación de una especie vegetal puede tener varias aplicaciones. Desde el punto de vista comercial, la clonación permite tener plantaciones uniformes formadas por individuos que han demostrado ser superiores obteniendo las mejores características de su planta madre, lo que permite maximizar el aprovechamiento de los bosques, obteniendo mayor aprovechamiento.

#### Mejoramiento Genético

Para ello se utilizan varios ensayos con diferentes individuos, estos se realizan en campo, logrando mayor éxito en cuanto a adaptabilidad a las condiciones climáticas, el éxito en la identificación de rasgos es mejor en cuanto a adaptabilidad y mayor uso de la genética en rasgos como altura y grosor, habilidades Son variadas y con el paso del tiempo, cada

individuo mejor seleccionado formará una mayor adaptabilidad, logrará una mayor eficiencia de utilización genética.

1. El comportamiento de uno o más individuos estudiados, bajo varias condiciones al mismo tiempo, con un individuo semilla.
2. Después de encontrar la fuerza de cada individuo en sus condiciones climáticas, se traslada al área de su interés.
3. Se inicia el proceso de propagación, en el que se obtienen las mejores plantas para cada región, y estas plantas se instalan en piscinas para obtener plantas madre.
4. Conservación indefinida de material genético
5. Aplicación de técnicas de ingeniería genética

## 2.2 TÉCNICAS DE CLONACIÓN

Dos son las técnicas mas utilizadas en este se encuentra por ejemplo el Eucalyptus, la macropropagación y la micropropagación. La diferencia entre ambas radica en el tamaño del material que se utiliza para iniciar la clonación y en la secuencia de pasos que llevan a la formación de una nueva planta.

Etapas de la macro propagación:

1. Tome brotes jóvenes que tengan brotes en una etapa temprana de desarrollo. Estos esquejes se pueden obtener de plantas que vuelven a crecer después de propagarse después de cortarlas o de ramas especialmente creadas y elaboradas para obtener brotes jóvenes.
2. Estado del pilote. Consiste en formar una estaca de unos 10 cm de largo con la base cortada oblicuamente y las dos hojas de la parte superior cortadas por la mitad.
3. Aplicación de hormona de enraizamiento. Se utilizó indol de ácido butírico al 1%. Se aplica a la base del pelo para que quede cubierto con una fina película.
4. Instalación de la estaca en un sustrato adecuado, en condiciones de alta humedad y temperatura templada.
5. Observación periódica del estado de la estaca, hasta verificar su buen enraizamiento.

## Etapas de la micropropagación

1. Recolecte ramas jóvenes y fuertes con un diámetro de aproximadamente 3 cm del árbol para propagar. Estas ramas tienen brotes apicales (debajo de la corteza), que crecen en condiciones de alta humedad.
2. Utilice periódicamente un fungicida para desinfectar los brotes en crecimiento.
3. El conjunto de brotes ha alcanzado una altura de 2 cm. Estos brotes se ponen inmediatamente en agua y se desinfectan completamente.
4. Los brotes se introducen "in vitro" en el medio de cultivo permitiendo que se formen y comiencen a desarrollar nuevos brotes. Desde este punto hasta la formación de las raíces, todas las etapas se llevan a cabo en condiciones de máxima aséptica.
5. Después de algunas rondas, los micro-polos están listos para echar raíces. En este punto, se colocan en un medio con una concentración adecuada de auxina para permitir la formación de raíces.
6. Después del enraizamiento, deben transferirse gradualmente a las condiciones climáticas y nutricionales normales.

Ambas técnicas tienen ventajas y desventajas, por lo que es necesario evaluar en cada caso cuál es la más adecuada.

Algunas de las principales desventajas de la micropropagación incluyen: alto costo por planta, trabajo intensivo y tiempo para formar una planta completa. Entre las ventajas está el hecho de que no es necesario cortar el árbol padre y, en teoría, se puede obtener un número infinito de copias.

Sin embargo, la macropropagación es una técnica mucho más barata que requiere menos tiempo y mano de obra. La desventaja es que hay que talar el árbol padre, la cantidad de copias obtenidas depende de la cantidad de estacas que se puedan obtener y, en última instancia, la producción depende de la temporada de crecimiento de la planta en sí

## Propagación

En la propagación vegetativa o asexual, casi siempre la nueva planta es genéticamente idéntica al progenitor (un clon), aunque ocasionalmente se pueden dar mutaciones menores (*Hartmann, 1997*). La propagación vegetativa explota esta habilidad natural a través de la separación de partes vegetativas o estacas. Las plantas se consideran organismos modulares, cada módulo es un brote con crecimiento determinado integrado por un entrenudo, un nudo, una hoja y una yema axilar que dará origen a ramas u hojas en la etapa vegetativa y a flores y frutos en la etapa reproductiva. Cada módulo constituye una estaca que al volverse autónomos dan lugar a nuevos individuos que constituyen clones con identidad genética (*Collazo, 2013*).

Los agricultores pueden así multiplicar un buen número de plantas a partir de un simple ejemplar y mantener en los vástagos características del original. Los principales métodos de propagación vegetativa son la división, la obtención de estacas o esquejes, el acodo y el injerto. La reproducción asexual, consiste en la propagación empleando partes de la planta original y esto es posible debido a que cada célula de la planta contiene la información genética necesaria para generar una planta nueva, esta característica se conoce como totipotencia celular. La producción de un nuevo organismo es a partir de un fragmento del propio organismo, que pueden ser porciones de hojas y/tallos (*Hartman, 1997*). La reproducción vegetativa o asexual se basa en la existencia de tejido meristemático en todas las plantas adultas, el cual es un tejido indiferenciado con alta capacidad de división celular (*Bidwell, 1998*).

El término "vitrocultivo" se refiere al cultivo de plantas en frascos de vidrio en un ambiente artificial. Este método de cultivo de plantas tiene dos características básicas: esterilidad (ausencia de patógenos, etc.) y control de los factores de crecimiento. Los avances en las ciencias biológicas han hecho posible en los últimos años estudiar las plantas en detalle tanto a nivel celular como molecular, y en condiciones de laboratorio ahora es posible reproducir todos. Todos los factores pueden afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Este principio general también se aplica al cultivo in vitro de plantas. Haberlandt, un científico alemán, reconoció a principios del siglo pasado que las

plantas podían reproducir su crecimiento a partir de células individuales, por lo que formuló la hipótesis sobre la pluripotencia celular en la planta. Sin embargo, este investigador no pudo probar su hipótesis en la práctica, ya que la mayoría de los componentes complejos que componen el medio de cultivo aún están inexplorados en la actualidad. Fue solo en la década de 1950 que se determinó la importancia del equilibrio hormonal en las plantas, con el descubrimiento de las hormonas vegetales más utilizadas en la actualidad.

Reproducir en condiciones de laboratorio de todos los elementos que componen el medio vegetativo en la naturaleza es técnicamente muy compleja. Por esta razón, la práctica se simplifica eligiendo factores que se pueden controlar. Cuando la investigación no se realiza con todo el organismo sino solo con una parte del mismo, el término explante se usa para referirse a la parte del órgano o tejido de la planta que se cultiva en un tubo de ensayo. Además de la dificultad de reproducir condiciones naturales en condiciones de laboratorio, en este caso también existía la dificultad de suministrar al explante todo lo que había obtenido previamente del sistema completo. En resumen, el cultivo de plantas in vitro es una técnica que requiere un control específico del medio, tanto físico como químico, donde se coloca el inóculo. Por tanto, es necesario conocer cuáles son los principales factores que lo componen y qué factores hay que controlar.

La micropropagación o propagación clonal es uno de los usos más extendidos del cultivo in vitro, mediante el cual la micropropagación, a partir de un fragmento (cultivo) de la planta parental, se obtiene una progenie homogénea, con plantas genéticamente similares se denominan clones. . Los explantes más utilizados para la propagación in vitro son los brotes vegetativos de las plantas. Las macetas se colocan en estanterías con luz artificial dentro de la cámara de crecimiento, donde la temperatura se establece en valores entre 21 y 23 ° C, además se puede controlar el número de horas de luz. Por su parte, el medio de cultivo está formado por una mezcla de sales minerales, vitaminas reguladoras del crecimiento, azúcar, agua y agar.

La composición del medio depende de la especie vegetal y la etapa de micropropagación. A efectos puramente descriptivos, se pueden clasificar los principales factores abióticos que afectan el crecimiento de cultivos in vitro, entre ellos:

## Ambiente químico

- Composición del medio de cultivo pH

## Ambiente físico

- temperatura
- luz y fotoperiodo
- humedad

Dentro del proceso de micropropagación diferenciamos varias fases o etapas:

- 0: Selección y preparación de plantas madre
- 1: Esterilización de brotes y / o esterilización de semillas
- 2: introducción del material seleccionado in vitro
- 3: Multiplicación de brotes
- 4: Enraizamiento
- 5: Aclimatación

Esta secuencia de pasos cubre todo el ciclo de multiplicación de la planta in vitro; Se puede aplicar a diferentes especies vegetales, que en cada caso pueden incluir alguna simplificación o variación en función de las características de la planta, pero en general son comunes al proceso de propagación in vitro.

## Preparación de la planta madre

Para establecer cultivos en condiciones estériles, se deben obtener cultivos con niveles de crecimiento y nutrientes adecuados. Para la obtención de estos explantes conviene conservar las plantas parentales, es decir, los brotes, durante un tiempo que puede oscilar entre unas semanas y unos meses en invernadero en condiciones controladas. En este entorno, las plantas se cultivan en condiciones higiénicas óptimas y con suficientes nutrientes y riego controlado para un crecimiento vigoroso y libre de enfermedades.

Desinfección del material vegetal.

Una vez seleccionada la planta madre, se extraerán fragmentos de los que se obtendrán los explantes. Los explantes pueden ser brotes, fragmentos de hojas, raíces, semillas, etc. Antes de retirar los explantes, las piezas de la planta madre se desinfectarán para eliminar los contaminantes extraños. Los contaminantes más comunes son los hongos y las bacterias que viven naturalmente en el medio ambiente. Una vez esterilizado el material vegetal, debe almacenarse en condiciones asépticas.

Para lograr condiciones asépticas, se trabajará en una campana de humos de flujo laminar para extraer los cultivos del material vegetal. Estas muestras se colocarán en un tubo de cultivo que contiene el medio iniciador para las pruebas de salud y viabilidad, después de la esterilización del material con hipoclorito de sodio (agua clorada comercialmente), purificado o reconstituido. Diluir durante 5 a 15 min, luego 3 a enjuagues con esterilización. agua.

Introducción del material IN VITRO

Después de la esterilización de la superficie, las semillas o los brotes, según el material seleccionado, se colocan en un medio de cultivo estéril. En una semana o dos, comienza la germinación o regeneración de tejido vegetal nuevo, iniciando el ciclo de cultivo in vitro.

Multiplificación del brote

Durante esta fase, los explantes que sobreviven a las ETAPAS 1 y 2 producirán brotes (axilares o radicales libres) con algunas hojas. En la base de cada hoja hay un brote que se desarrollará después de entrar en contacto con el medio. Periódicamente, estos nuevos brotes deben trasplantarse a nuevos medios por división y propagarse en tubos de cultivo u otros recipientes adecuados. Estas operaciones se realizan en una cámara de flujo laminar o en un lugar aislado lo que nos permite mantener condiciones de esterilidad. De esta manera, el número de plantas aumenta con cada división o división del árbol.

El número de plantas obtenidas dependerá de la especie vegetal y del estado del medio de cultivo. El número de plantas obtenidas por micropropagación permitió lograr un aumento exponencial, considerando que se optimizaron todos los factores que inciden en el crecimiento.

#### Elección de un medio de enraizamiento

Para enraizar los explantes se utilizaron principalmente plantas individuales de unos 2 cm de tamaño. Los brotes obtenidos durante la etapa de multiplicación se transfirieron a un medio que no contenía reguladores de crecimiento o que solo contenía hormonas de tipo auxina. Algunas plantas no necesitan pasar por este paso y emiten sus raíces en el mismo medio donde desarrollan nuevos brotes, por lo que la multiplicación y el enraizamiento se realizan simultáneamente.

#### Climatización de enraizamiento

Los explantes recién enraizados son muy sensibles a los cambios ambientales, por lo que el éxito o el fracaso de todo el proceso depende de la adaptación. En este punto, las plantas sufrirán diferentes tipos de cambios que les permitirán adaptarse a la vida en condiciones naturales. Cuando se extraen cultivos de raíces o plantas de macetas, no son aptas para el cultivo en invernadero, ya que estas ya están enraizadas y crecen en ambientes con humedad relativa muy alta y a menudo con los estomas (la estructura encargada de regular la transpiración y la pérdida de agua en las plantas). ) no funcionan completamente cuando la humedad relativa disminuye y, por lo tanto, son demasiado lentos para evitar que el explante se seque. Por otro lado, crecer en un ambiente tan húmedo también suele implicar la ausencia de una cutícula cerosa bien desarrollada, que presenta una barrera física para evitar la pérdida de agua en toda la superficie de la planta.

En la presente lista existe una comparación de las características de las plantas cultivadas en condiciones de laboratorio (in vitro) con las cultivadas en condiciones naturales (in vivo):

### In vitro

- No realiza fotosíntesis
- Crecimiento en condiciones controladas
- Crecimiento en condiciones de asepsia
- Alta humedad relativa
- Estomas no funcionales
- Ausencia de pelos radiculares
- Ausencia de cera en la cutícula

### In vivo

- Realiza fotosíntesis
- Crecimiento en condiciones no controladas
- Exposición a los patógenos y gérmenes del ambiente
- Humedad relativa variable
- Estomas funcionales
- Presencia de pelos radiculares
- Presencia de cera en la cutícula

Las estacas enraizadas deben adaptarse a las condiciones de humedad del invernadero, reduciendo gradualmente la humedad relativa y aumentando gradualmente la intensidad de la luz. Estas plántulas se plantarán en contenedores (plántulas) cubiertos con plástico, para mantener alta la humedad relativa. Seleccionar un sustrato con las propiedades físicas adecuadas es clave para el éxito de este paso. Para trasplantar la variedad, elegimos un sustrato suelto y poroso, mezclado con arena de turba y cáscaras de arroz ahumadas para que las raíces se desarrollen y crezcan muy rápidamente. Las mezclas son diferentes y muy variadas en función de la especie con la que trabajemos.

Luego de remover cuidadosamente el agar de las raíces para evitar dañarlas, las plantas fueron lavadas y colocadas en el semillero con la mezcla del medio seleccionado y cubiertas con nailon. La humedad en el olivar debe controlarse diariamente.

Si es necesario, riegue con un rociador manual, para mantener un ambiente húmedo en la superficie del sustrato. 15 días después del trasplante, puede comenzar a cubrirse con nailon durante las horas frescas (temprano en la mañana o tarde fresca). Al principio, la planta se deja al descubierto durante media hora al día. La semana siguiente, los dejaron solos durante una hora. Un mes después del trasplante, se cubren durante la noche y, si aparecen hojas nuevas, es posible que las plantas no se cubran. Las condiciones de cultivo in vitro inducen cambios en varios aspectos anatómicos y fisiológicos de las plantas, por esta razón, durante la adaptación, los cambios deben ser muy graduales, con el fin de reducir el estrés y tener una mayor tasa de supervivencia.

A través de la propagación in vitro, el material vegetal está disponible en varias especies para una evaluación rápida. Para especies como la papa y la fresa, esta técnica se incorpora al esquema de selección y mejoramiento del programa nacional de mejoramiento vegetal, introduciendo anualmente clones de interés, obtenidos de cruces controlados. La multiplicación in vitro permite obtener materiales con condiciones higiénicas superiores a las obtenidas por métodos convencionales. Las especies leñosas, como los árboles frutales de hoja caduca y las especies forestales, a menudo requieren medios de cultivo más complejos, y reaccionan a las condiciones de crecimiento más lentamente que las especies herbáceas. A pesar de las dificultades planteadas, se han desarrollado y adaptado muchos experimentos a una variedad de materiales, principalmente en portainjertos de diversas especies de árboles frutales.

En respuesta a la tecnología, se han evaluado diversas alternativas para incrementar la disponibilidad de plantas en muy poco tiempo, lo cual no es posible en nuestro medio por métodos convencionales (multiplicación) (propagación por esquejes), pero sí por cultivo "in vitro". En respuesta a la creciente demanda de cultivos por parte de viveros y productores, la transferencia de tecnología se ha visto favorecida por la franquicia, cuyo objetivo es contribuir a la difusión de una herramienta eficaz aplicada a la propagación del arándano. mejoramiento, apoyando el desarrollo de tecnología de micro propagación in vitro a escala comercial.

## 2.3 CLONACIÓN FORESTAL

Diferentes programas para desarrollar el mejoramiento genético de especies vegetales implementa el Ministerio de Agricultura a través de sus servicios. Con la incorporación de la nueva metodología de investigación se pueden obtener individuos idénticos al árbol que se quiere replicar.

La clonación vegetativa se basa en la propiedad de “totipotencia” de las células, es decir, en la capacidad de estas estructuras para reproducir un organismo completo, gracias a que cada una de ellas contiene la totalidad de la información genética del individuo original. En los organismos vegetales puede presentarse de forma natural. Representa la forma como se propagan algunas especies. Alamos y sauces son los ejemplos más conocidos. Sin embargo, existen árboles que presentan dificultades vegetativas. Los esfuerzos para lograrlo artificialmente han rendido pocos frutos, hecho que obliga a mejorar la metodología de multiplicación a niveles más rentables.

La clonación de árboles forestales se utiliza con el fin de obtener su mejoramiento genético. Mediante esta técnica se pueden obtener individuos genéticamente idénticos al árbol que se quiere replicar. Para efectuarlo, se ocupan procedimientos sencillos, como injertos, acodos o enraizamiento de estacas (macropropagación vegetativa) hasta complejos procesos de laboratorio conocidos como cultivos in vitro o micropropagación.

La adecuada utilización de ellos puede representar ventajas productivas de alto valor y, por lo mismo, es cada vez más frecuente su utilización en los modernos esquemas de producción forestal. Por tanto, resulta una herramienta de gran interés para procrear plantas con características interesantes para finalidades determinadas.

### Multiplicación de especies

La Unidad de Mejoramiento Genético y Biotecnología del Instituto Forestal (INFOR) usa estas tecnologías para contribuir al desarrollo del sector forestal. La premisa que guía sus investigaciones establece que “la clonación per se no constituye una estrategia de

propagación especialmente interesante, no obstante su aplicación a genotipos selectos adquiere una connotación relevante para incrementar la productividad de las plantaciones.

Desde el año 2001 se ejecuta el programa “Captura de genotipos para el desarrollo de una raza de Eucalyptus globulus tolerantes al frío”, financiado por el Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF). Utiliza tecnología de clonación mediante el enraizamiento de estacas, con el fin de obtener una raza de Eucalyptus globulus tolerante al frío.

El proyecto es implementado por el INFOR, en conjunto con la Cooperativa de Mejoramiento Genético, Bioforest S.A. Plantea que la susceptibilidad del eucaliptus a las bajas temperaturas limita la expansión de sus plantaciones y repercute en pérdidas de crecimiento, daño y mortalidad de árboles. Además, propone formar especies mediante una intensa labor de selección de individuos, capaces de crecer y desarrollarse en áreas con fuertes heladas. Los árboles se multiplican para obtener clones que serán usados para el mejoramiento genético o en plantaciones aptas a las bajas temperaturas.

#### Mejoramiento genético

Los clones han sido establecidos en huertos con semillas clonales garantizadas para obtener semillas genéticamente mejoradas, a partir de la polinización libre entre copias vegetativas de plantas. Más árboles, alto valor de rendimiento. En segundo lugar, están integrados en un programa de clonación por micropropagación.

En resumen, la clonación creará plantaciones de alto rendimiento, reduciendo la presión sobre los bosques naturales. por otro lado, permite enriquecer árboles degradados, restaurar la variación genética hasta cierto punto, restaurar patrones de árboles talados más severamente.

#### 2.4 RESULTADOS ESPERADOS

El investigador Víctor Chávez explicó a Efe los detalles de este procedimiento in vitro que puede reproducir, a partir de una sola célula vegetal, "miles o millones de plantas en

una sola célula vegetal". Espacio muy reducido e independiente de condiciones climáticas (22 de abril de 2018)

"Por tanto, es necesario realizar investigación biotecnológica para poder dividir a un individuo en sus bloques constituyentes, sus órganos, sus tejidos, sus células, de tal manera que podamos hacer crecer las raíces , tallos, pétalos, cutículas estériles in vitro ", explica.

La manipulación de las plantas permite "cambiar las condiciones experimentales, variando la luz, temperatura, pH, hormonas, atmósfera y así dirigir la respuesta celular", control absoluto del desarrollo hasta que se conviertan en nuevos individuos. El primer paso es elegir con qué parte de la planta se quiere trabajar, esterilizar y extraer las células o grupos de células, que se procesan en frascos de cultivo de vidrio llenos de macro y micronutrientes y reguladores del crecimiento. La investigadora del Wendy Juárez explica que el proceso se lleva a cabo en un área de transferencia estéril, donde se necesita mucho cuidado para asegurar que el medio en el contenedor no se contamine.

“Si se contamina el medio ambiente, perderemos las especies en las que trabajamos”, asegura, al velar por que se respeten las condiciones de asepsia en la sala blanca. El medio se manipula con tenazas esterilizadas de un tipo delicado similar al que se usa en la piel humana.

“Contamos con campanas en cascada horizontales cuya función es filtrar el aire con lo cual trabajamos para eliminar esporas, ácaros” u otros organismos que puedan estar presentes en el aire.

Los viales preparados fueron luego transportados a una cámara de incubación, donde se aplicaron termorreguladores para inducir una reacción, ya sea organogénesis o embriogénesis, dando como resultado plantas clonadas sin patógenos.

En la cámara de incubación, cientos de jarrones se encuentran en estantes, que poco a poco van brotando estas nuevas creaciones, creadas a imagen y semejanza de la naturaleza. Cuando se completa el proceso, cuando son de tamaño completo, con tallos y raíces, las nuevas especies son llevadas a su destino final, el invernadero. Desde la maceta hasta el invernadero, las raíces primero se lavan a fondo y se colocan en un recipiente lleno de

medio, con la esperanza de que no crezcan hongos, en cuyo caso se utilizará un fungicida. Al principio, todavía estaban cubiertos para que los cambios en la atmósfera no fueran bruscos. Después de la migración, permanecen allí en condiciones normales hasta que crecen. Considerando la intervención humana en las plantas, el Dr. Chávez considera necesario que se derive del daño causado por las actividades humanas y el cambio climático. "Los humanos hacemos reglas morales, pero las rompimos desde el principio porque usamos en exceso los recursos naturales", dijo.

## CAPITULO III: PROPAGACIÓN VEGETATIVA

### 3.1 CONTEXTO

Entender un referente de la aplicación de la clonación para un vivero forestal y sus diferentes operaciones dentro de cada uno, para estos se cubre la necesidad de obtener individuos de forma mas rápida y en masa, para diversas condiciones climáticas, para obtener estos resultados se debe realizar una cantidad de ensayos y pruebas en diferentes individuos bajo distintas condiciones climáticas, tras obtener los mejores individuos estos son entregados como embriones a vivero.

### 3.2 PROPAGACIÓN

La propagación vegetativa es la producción de plantas a partir de células, tejidos, órganos o partes de la planta madre. Existen muchos métodos, desde los más simples (problemas) hasta los más complejos biotecnológicamente (cultivos in vitro).

Un método de propagación de plantas ampliamente utilizado por los agricultores es la micropropagación vegetativa, que no requiere semillas para producir nuevas plantas. Aprovechando la propiedad que tienen algunas plantas de que una parte de la planta puede separarse y convertirse en una nueva planta de forma independiente bajo ciertas condiciones de crecimiento (luz, temperatura, humedad, etc.) nutrientes, salud, etc.). La propagación vegetativa es posible porque muchas células en los tejidos diferenciados (maduros) de las plantas conservan su potencia. Con esta característica, una célula madura

puede diferenciarse (seguir funcionando como meristemas) y multiplicarse, dando lugar a órganos vegetativos (raíces, tallos y hojas).

Específicamente, la producción de plantas en masa o la micropropagación implica la propagación de un genotipo a gran escala mediante el uso de técnicas de cultivo de tejidos.

Algunas de sus ventajas son:

- -Los rasgos deseados (alto rendimiento, calidad superior, resistencia a plagas y enfermedades, resistencia al estrés hídrico, etc.) se mantienen y propagan.
- -Como individuos asexuales (idénticos), su identidad es una ventaja en el manejo de una cultura.
- -La fase vegetativa se puede acortar para que la planta entre más rápidamente en la fase reproductiva (fructificación).
- -Es posible conservar los genotipos superiores que determinan las características genéticas – favorables del cultivo (resistencia a plagas y enfermedades, crecimiento, tolerancia a condiciones de humedad extrema, etc.).

Cabe señalar que la distribución equitativa de la descendencia puede ser una desventaja, ya que todos los individuos pueden ser susceptibles a nuevas plagas y enfermedades o a las condiciones climáticas cambiantes.

Esta tecnología de cultivo de tejidos tiene diferentes aplicaciones según el contexto en el que se utilice. Puede ayudar en la búsqueda de variación genética con fines de fitomejoramiento, en la propagación de líneas parentales en programas de producción de híbridos F1, y puede utilizarse como herramienta en la modificación genética de especies vegetales, entre otros aspectos.

La producción masiva de plantas (micropropagación), la rápida introducción de nuevas variedades y la purificación de valiosos genotipos para obtener plantas limpias y libres de virus son sus principales ventajas. Y también se puede utilizar como herramienta para conservar los recursos fitogenéticos. La propagación vegetativa es la producción de plantas a partir de células, tejidos, órganos o partes de la planta madre. Existen muchos

métodos, desde los más simples (problemas) hasta los más complejos biotecnológicamente (cultivos in vitro).

Un método de propagación de plantas ampliamente utilizado por los agricultores es la micropropagación vegetativa, que no requiere semillas para producir nuevas plantas. Aprovechando la propiedad que tienen algunas plantas de que una parte de la planta puede separarse y convertirse en una nueva planta de forma independiente bajo ciertas condiciones de crecimiento (luz, temperatura, humedad, etc.) nutrientes, salud, etc.).

La propagación vegetativa se puede lograr porque muchas células de los tejidos diferenciados (maduros) de la planta retienen su potencial. Con esta característica, una célula madura puede diferenciarse (seguir funcionando como meristemas) y multiplicarse, dando lugar a órganos vegetativos (raíces, tallos y hojas).

Específicamente, la producción de plantas en masa o la micropropagación implica la propagación de un genotipo a gran escala mediante el uso de técnicas de cultivo de tejidos. Se mantienen y propagan los rasgos deseados (alto rendimiento, calidad superior, resistencia a plagas y enfermedades, resistencia a enfermedades, tolerancia al estrés hídrico, etc.).

En el caso de los clones (idénticos), su identidad es una ventaja en el manejo de un cultivo. La fase vegetativa se puede acortar para que la planta entre más rápidamente en la fase reproductiva (fructificación).

Se pueden conservar los genotipos superiores que determinan las características genéticas favorables del cultivo (resistencia a plagas, crecimiento, tolerancia a condiciones de humedad extrema, etc.).

Cabe señalar que la distribución equitativa de la descendencia puede ser una desventaja, ya que todos los individuos pueden ser susceptibles a nuevas plagas y enfermedades o a las condiciones climáticas cambiantes.

Esta tecnología de cultivo de tejidos tiene diferentes aplicaciones según el contexto en el que se utilice. Puede ayudar en la búsqueda de variación genética con fines de fitomejoramiento, en la propagación de líneas parentales en programas de producción de híbridos F1, y puede utilizarse como herramienta en la modificación genética de especies vegetales, entre otros aspectos.

La producción masiva de plantas (micropropagación), la rápida introducción de nuevas variedades y la purificación de valiosos genotipos para obtener plantas libres de virus son sus principales ventajas. Y también se puede utilizar como herramienta para conservar los recursos filogenéticos.

### 3.3 PREPARACIÓN DE VIVERO ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO

Luego del traslado de la planta madre, el período de aclimatación de los nuevos clones a sus respectivos tanques, para estos tanques cada uno tiene un sistema de calefacción programado y estacional, que permite que las temperaturas de invierno y verano sean las mismas, las cuales también varían según las necesidades. de cada clon.

Debe contar con sistemas de calefacción y riego, estos deben ser programados y sus respectivas temperaturas controladas por un sistema de ventilación, donde el ventilador se activa a 26° hasta que el invernadero enfríe grados.

Esto permite un mejor control de la humedad interna de la natación piscinas, para ello disponemos de calefacción central, que transmite el agua caliente a las piscinas de diferentes formas:

Calefacción por suelo radiante: como su nombre indica, el invernadero se calienta por el suelo. Esto se realiza a través de tuberías ubicadas debajo del nivel del suelo. Las tuberías están hechas de polietileno, ya que son muy sensibles a los fertilizantes y sustancias orgánicas. La temperatura máxima del agua para calefacción por suelo radiante es de 0 grados centígrados.

Calefacción de cama: a diferencia de la calefacción por suelo radiante, las tuberías están en el suelo en lugar de debajo. Es por eso que una manguera de arriba a abajo es tan buena para las raíces y las plantas. La temperatura máxima del agua es también de 0 grados centígrados.

Calefacción para plantas: en este caso las tuberías se cuelgan por encima de las plantas. Se utilizan tubos de acero y aluminio. La ventaja es que el tubo puede calentar hasta 50 grados Celsius.

Calefacción del aire del invernadero: el aire del invernadero también se puede calentar a través de una rejilla alta hasta un máximo de 90 grados Celsius. Tubos de acero. 51 mm

están suspendidos de una varilla de tensión en la parte superior del invernadero y solo se utiliza cuando la red inferior ha alcanzado la temperatura máxima.

Mesas calefactoras: a veces plantadas sobre mesas y tienen soportes de aluminio. Cuando se aplica calefacción a la encimera, se utilizan tubos de polietileno para calentar el soporte de aluminio a un máximo de 79 grados Celsius. El soporte calienta la parte inferior del aluminio, por ejemplo, donde se encuentran las plantas en macetas.

#### Instalación de cogeneración

La planta de cogeneración consta de dos divisiones principales: ingeniería de gas natural y generadores. Juntos generan electricidad. La energía generada se puede utilizar de forma inteligente. Se utiliza aproximadamente 91 ° de la energía generada. Con toda esta energía, por ejemplo, una empresa puede encender y calentar sus propios invernaderos. Además, se pueden utilizar plantas de cogeneración productoras de CO<sub>2</sub> para aumentar la cantidad de CO<sub>2</sub> en el invernadero.

#### Calefacción de aire caliente

A diferencia de la calefacción central, la calefacción de aire caliente no utiliza agua sino aire. Gracias a los ventiladores, el aire caliente ingresa al invernadero a través de los calentadores de aire caliente. Este aire caliente calienta el invernadero. Un inconveniente es que el calor suministrado no se puede ajustar meticulosamente. Es por eso que esta forma de calefacción de invernadero no es adecuada para todos los cultivos. La calefacción de aire caliente con el uso de radiadores de aire caliente se utiliza a menudo cuando la instalación de calefacción central o de cogeneración no es beneficiosa.

#### Calefacción eléctrica

Considerando el tiempo de enraizamiento que tienen los diferentes cultivos no es necesario calentar todo el invernadero, también cuando solo la parte inferior de la planta necesita calor. En estos casos, las alfombras de calefacción eléctrica pueden ser la solución. Estas alfombras solo calientan una maceta específica de planta. Es beneficio para el crecimiento de la raíz y la planta.

## Temperatura

La temperatura afecta directamente las funciones de fotosíntesis, respiración, permeabilidad de las membranas celulares, absorción de agua y nutrientes, transpiración, actividad de las enzimas, etc.

No pueden tener lugar reacciones biológicas importantes si la temperatura del invernadero es inferior a  $0^{\circ}\text{C}$  o superior a  $50^{\circ}\text{C}$ . El límite inferior corresponde al punto de congelación del agua y el límite superior a la desnaturalización de las proteínas. La temperatura óptima varía según la especie, pero casi siempre se sitúa entre los  $10^{\circ}$  y los  $25^{\circ}\text{C}$ . Las plantas pueden tolerar temperaturas más bajas durante períodos cortos, pero evite acercarse a este valor letal. Para bajas temperaturas, las plantas tienen un valor umbral mayor que el punto de congelación del agua, un umbral especificado para cada especie de la temperatura mínima a la que la planta deja de crecer normalmente (ya sea cualitativa o cuantitativamente). No existe un acuerdo general entre los diferentes autores sobre cómo determinar los valores de corte entre diferentes cultivos, pero esta no es una cuestión que deba discutirse aquí. A título indicativo, las fresas tienen su umbral en torno a los  $7^{\circ}\text{C}$  y los tomates en torno a los  $12^{\circ}\text{C}$ .

Si la planta tiene suficiente luz, la temperatura es el factor que tiene mayor efecto sobre la tasa de fertilidad, crecimiento y desarrollo de las plantas. Los experimentos mostraron que la tasa de crecimiento de las plantas aumentaba con la temperatura hasta que se alcanzaba el óptimo deseado.

### 3.3.1 CALEFACCIÓN DEL INVERNADERO

En invierno, las condiciones climáticas de la mayor parte de la región mediterránea impiden el cultivo al aire libre de plantas que requieren calor (por ejemplo, tomates). Por esta razón, los agricultores utilizan invernaderos y techos.

El cultivo extremo temprano y tardío solo se puede lograr reduciendo la pérdida de calor, principalmente por la noche (aumentando la estanqueidad al aire del invernadero, utilizando paredes dobles o pantallas térmicas), o calentando artificialmente con fuentes de energía tradicionales o no tradicionales como la energía solar, geotermia, etc. En ambos casos, el agricultor enfrenta un problema de ganancias.

¿Cuál es el margen que marca la rentabilidad de invertir en materiales especiales, pantallas o energía solar o fósil? Los agricultores mediterráneos deben esforzarse por mejorar las condiciones térmicas de sus invernaderos si quieren obtener el mejor retorno de la inversión. La mayoría de los sistemas de calefacción diseñados para invernaderos de vidrio también funcionan para invernaderos de plástico, pero existen otros sistemas económicos y menos complicados que también están dando buenos resultados en la región mediterránea.

#### Sistemas de calefacción tradicionales

La calefacción artificial se recomienda solo en regiones mediterráneas con temperaturas invernales particularmente bajas o en la producción de cultivos particulares. Como ejemplo para ilustrar el problema y dar una idea de la inversión requerida (sin incluir equipos de calefacción), en Grecia se estima que para mantener 13°C en un invernadero de polietileno transparente durante toda la temporada, se necesitan 12 litros de combustible. por cuadrado. metros en Ierapetra (Creta), 18 litros en Kalamata (sur del Peloponeso) y 2 litros en Salónica (norte de Grecia).

Los sistemas de calefacción comúnmente utilizados en invernaderos de vidrio rara vez se usan en invernaderos de plástico porque la construcción de los invernaderos de plástico es demasiado liviana para soportar tubos de calefacción de acero. Además, dicho sistema representa un porcentaje excesivamente grande del costo total del edificio. El mercado ofrece una amplia variedad de equipos económicos que se pueden utilizar para calefacción con una inversión mucho menor.

#### Sistema de calefacción anticongelante

Muchas chimeneas que utilizan carbón, leña, gas natural, diesel y materiales orgánicos como combustible se pueden utilizar como calentadores anticongelantes temporales. Tienen la desventaja de no mantener una temperatura uniforme en el interior del invernadero, y si se utilizan en ambientes cerrados (sin chimenea para liberar gases combustibles), pueden dañar los cultivos. Si estos calentadores se usan a tiempo, son útiles porque son baratos y usan combustible que está disponible en todas partes.

## Sistema de calentamiento de agua caliente

Este sistema, útil para la producción de invierno y el resto del año, utiliza agua entre 60 y 80°C, circulando en tuberías de acero de 1,5 pulgadas de diámetro. Se estima que 45% de energía se transmite como radiación. Aproximadamente el 25% golpea el suelo y el resto apunta hacia arriba o hacia los lados y, por lo tanto, se puede perder rápidamente si el plástico de la carcasa es muy transparente a la radiación infrarroja prolongada. Este sistema es costoso de instalar, causa pérdida de calor radiante y, a menudo, da como resultado un aumento de la humedad relativa cerca del cultivo, debido a la ausencia o reducción del movimiento del aire.

Algunos agricultores han comenzado a utilizar sistemas en los que el agua fluye a través de tuberías de plástico de 25 a 32 mm de diámetro, colocadas entre hileras de cultivos o enterradas en el suelo a poca profundidad. Las características del sistema son:

Cuando se aplica calor a la base, la temperatura del aire en el invernadero es mucho más uniforme que en los sistemas tradicionales de calefacción de tubo caliente suspendidos del techo. Apenas hay gradiente de temperatura vertical y, por lo tanto, la plataforma del invernadero no necesita sobrecalentarse para alcanzar la temperatura de cultivo deseada. Para la calefacción del suelo, el agua se puede utilizar entre 30 ° y 0 ° C (nunca más de 50 ° C) y, por tanto, es una forma de aplicación de energías alternativas como la geotermia, el calor, el calor residual industrial y la energía solar de baja temperatura. El uso de calor a baja temperatura también es conveniente en instalaciones de combustible de cualquier tipo, ya que los sistemas de baja temperatura consumen menos energía que los sistemas de alta temperatura.

El costo del bombeo de agua es mayor. Dado que la caída de temperatura del agua de calefacción en el invernadero es menor que en los sistemas de baja temperatura, es necesario bombear más agua para transferir la misma cantidad de calor. Se pueden utilizar materiales económicos como el polietileno en lugar de tubos de acero o aluminio más costosos.

En general, la calefacción por suelo radiante representa un ahorro energético. En

comparación con los calentadores de ventilador, se puede lograr un ahorro del 10% con velocidades de viento bajas y hasta un 1520% con velocidades de viento superiores a 30 km/h.

La calefacción por suelo radiante no es suficiente para calentar invernaderos en zonas frías. En estos países, se requieren cortinas térmicas y de calefacción de aire adicionales, mantas dobles, etc. usado para ahorrar la mayor cantidad de energía posible. Los costos de instalación son significativamente más altos que con la calefacción por aire caliente. Por esta razón, en países con inviernos suaves, a menudo se prefiere el calentamiento del aire como sistema anticongelante y, como ayuda térmica específica, se usa suelo calentado para cultivar cultivos. Las plantas necesitan un apoyo térmico intensivo.

El sistema de transferencia de calor más simple al suelo es el sistema de tuberías subterráneas. Consiste en un conjunto de tuberías, generalmente de polietileno con un diámetro de 12 a 25 mm, enterradas a tanta profundidad que las herramientas agrícolas no pueden dañarlas. Si desea aumentar la transferencia de calor, puede colocar los tubos en la superficie o enterrarlos a unos centímetros de profundidad para quitarlos fácilmente durante el trabajo. El agua circula en circuito cerrado desde la fuente de energía (placas solares, calderas, etc.) hasta los tubos, donde, una vez transferido el calor, vuelve a la fuente de energía.

Si la tubería está enterrada en el suelo, no se debe usar agua a más de 0 ° C, porque en la arcilla se puede formar una capa aislante seca que interfiere con la transferencia de calor.

#### Sistema de aire forzado

Este dispositivo se utiliza para evitar la instalación de calderas con tubería aérea, especialmente en pequeñas empresas de fabricación. El aire se calienta por contacto directo con los productos de combustión y se distribuye desde el quemador al invernadero a través de una serie de conductos, ver figuras 62 y 63. Este sistema crea gradientes de temperatura, horizontal y vertical; el gradiente vertical está entre 2° y 3° C por cada metro de altura, por lo que la temperatura cerca del techo puede ser de 5 a 10° C más alta que la temperatura en el área de cultivo.

Los tubos por encima de la resina se colocan del suelo, pero dependiendo del tipo de planta puede ser más adecuado colocar los conductos de aire por encima del árbol, por ejemplo a 1,75 o 2 m. Altura.

La diferencia de temperatura entre el área cercana al quemador y el otro extremo del invernadero será menor si se utilizan tuberías de PE perforadas para la distribución del aire. Para mejorar la uniformidad, se debe aumentar el diámetro de los orificios (y reducir la distancia de estos orificios) en relación con la distancia desde el quemador o la chimenea principal. El conducto eléctrico de plástico es liviano, flexible, fácil de instalar y se puede fijar en la posición que mejor se adapte a las plantas. Al final del período de calentamiento, se pueden enrollar y almacenar. Para mejorar la eficiencia y al mismo tiempo calentar el piso, los conductos deben colocarse en el piso con las salidas de aire hacia abajo. Se debe tener cuidado de no exponer la planta al aire caliente que escapa del sistema de calefacción. Mezclar aire caliente con aire de invernadero elimina cualquier tipo de riesgo. Este sistema compite con la calefacción tradicional por conductos metálicos y es útil para el apoyo térmico temporal y continuo para elevar la temperatura del invernadero varios grados por encima del exterior. Tiene el efecto secundario de aumentar la evaporación y dificultar el control del dióxido de carbono, ya que aumenta en gran medida el movimiento del aire. Se recomienda que la velocidad aerodinámica sea inferior a 5 m / s. Este sistema economizador funciona con cualquier combustible, ya sea carbón, petróleo o gas natural, y es adecuado tanto para grandes invernaderos con calderas centrales e intercambiadores de calor locales como para pequeños invernaderos con quemadores individuales.

Sistemas que utilizan otras fuentes de calor

Energía geotérmica

La energía geotérmica se considera una de las fuentes de energía más interesantes para la calefacción de invernadero. Entre ellos, el agua caliente de fuentes naturales o de pozos profundos se está utilizando actualmente como fuente de energía en países mediterráneos como Francia, Grecia, España, Bulgaria, etc. Los principales obstáculos son:

Altos niveles de concentración de sal que crean obstrucciones en las tuberías.  
Falta de tierras agrícolas en zonas de agua caliente.

Costo de estudios hidrogeológicos sistemáticos y profundidad de pozo.

Recientemente se han diseñado varios sistemas de distribución de calor, diseñados específicamente para utilizar energía geotérmica. Uno de los más simples y efectivos vino del norte de Grecia. *Dirección de Producción y Protección Vegetal. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Roma, 2002*

El agua caliente circula por tuberías transparentes de polietileno de 250 micrones, que se colocan en el suelo entre las filas, El diámetro y el número de tuberías depende de la temperatura del agua: si la temperatura es superior a 50 ° C, el diámetro de la tubería es de 9,5 a 12,5 cm. Si la temperatura está entre 30 y 50 ° C, el diámetro será de 12,5 a 19 cm. La composición química de la tubería depende de la temperatura del agua: PE se utiliza solo si la temperatura es inferior a 60 ° C, por encima de este valor se debe utilizar PP. En general, las tuberías de calor enterradas en el suelo son menos eficientes (la temperatura del suelo es demasiado alta, aislando las áreas de conexión a tierra alrededor de las tuberías).

A veces, los tubos de PE negros con un diámetro de 25 mm también se utilizan para distribuir el calor de la energía geotérmica en el invernadero.

### 3.3.2 VENTILACIÓN

El intercambio de aire entre el interior y el exterior del invernadero afecta claramente al clima en aumento. No solo cambia el balance energético y, por lo tanto, la temperatura del aire, sino que también afecta el contenido de vapor de agua y dióxido de carbono.

#### Ventilación natural

La ventilación natural, también conocida como pasiva o estática, no utiliza energía auxiliar pero tiene su propio motor de dos factores.

1. La distribución de la presión en la superficie estructural debido al viento crea zonas de

presión positiva y negativa en el techo.

2. Diferencia de temperatura y por tanto de presión entre el invernadero y el exterior.

La resistencia de la ventana al flujo de aire, una función de la geometría de los puertos de entrada y salida y también del número de Reynolds cuando el efecto de la viscosidad es importante, reduce las tasas de ventilación.

El efecto del viento es más importante que el efecto del calor. En invernaderos holandeses se ha observado que si el salto térmico es de  $9^{\circ}\text{C}$ , a partir de una velocidad del viento de  $1\text{ m/s}$  el efecto térmico es menos importante que el efecto térmico del viento sobre el volumen de aire regenerado.

La mayoría de los invernaderos mediterráneos tienen sistemas de ventilación muy sencillos con ventanas laterales enrollables. En estas condiciones, el clima interior apenas es aceptable si el ancho del invernadero supera los 20 m.

#### Ventilación lateral activada de modo programa

La ventilación por aire es un complemento especial de la ventilación lateral. Si el invernadero tiene al menos 5 % de área de ventana de techo (porcentaje del nivel del suelo) y 10 % de ventanas laterales, el ancho del invernadero no debería presentar un problema de exceso de calor cuando el invernadero está lleno de las plantas. Si está vacío, en los días soleados de verano se debe aumentar esta recomendación de ventana mínima. La investigación sobre la ventilación natural ha logrado un progreso notable. Contiene información útil sobre cómo los cultivos en crecimiento y los mosquiteros afectan el movimiento del aire. La instalación de ventanas eficientes en el techo de cristal mediterráneo también se encuentra en una etapa avanzada de desarrollo.

#### Ventilación mecánica o forzada

El uso de ventiladores permite un control de la temperatura del invernadero más preciso que la ventilación pasiva. Sin embargo, en los climas mediterráneos no es habitual encontrar equipos de este tipo debido al coste de instalación y al consumo eléctrico. La Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas (ASAE) establece una serie de estándares para el diseño y control de sistemas de ventilación forzada que se resumen en esta sección.

Se recomienda que la tasa de ventilación sea al menos  $3/4$  del número total de cambios de aire por minuto.

El volumen de aire de escape debe corregirse en función de varios factores. Uno de ellos es el factor de velocidad  $F_v$ . Para invernaderos donde la distancia entre la ventana y el extractor mecánico es menor de 30 metros, la masa debe incrementarse en un factor: (4-34)

dónde  $D$  es la distancia ventana-extractor en metros. Así se logra una velocidad de circulación del aire más eficaz en la zona de cultivo.

Otras recomendaciones son:

Si es posible, el ventilador debe ubicarse donde prevalezca el viento en el verano. Si es necesario instalarlos al revés, el volumen de ventilación de cada extractor debe aumentarse en un 10%.

La función del ventilador es hacer circular el caudal de aire calculado previamente a una presión estática de 0.03 kilopascales.

La distancia entre dos ventiladores adyacentes no debe exceder los 7.5 metros para asegurar un flujo de aire uniforme.

Debe haber una distancia mínima sin obstáculos a la entrada de aire igual a 1,5 veces el diámetro del ventilador. El ventilador se puede colocar en el techo si hay interferencia de los lados.

Para evitar la entrada de aire no deseado cuando el ventilador no está funcionando, las entradas deben tener rejillas motorizadas que se abren hacia afuera y se abren solo cuando el ventilador está funcionando. Las rejillas de ventilación también se abrirán al exterior bajo la presión del ventilador.

El área de la ventana de entrada debe ser al menos 1,25 veces el área del ventilador. Las varillas estarán protegidas por una malla metálica de un espesor mínimo de 1,5 mm y aberturas de 13 mm. Este tipo de pantalla debe estar al menos a 100 mm de distancia de las partes móviles para evitar accidentes.

Es mejor controlar la cantidad de aire fresco en varias etapas. Para ello puedes utilizar un ventilador de dos velocidades o conectar varios diferentes dependiendo de la temperatura del invernadero.

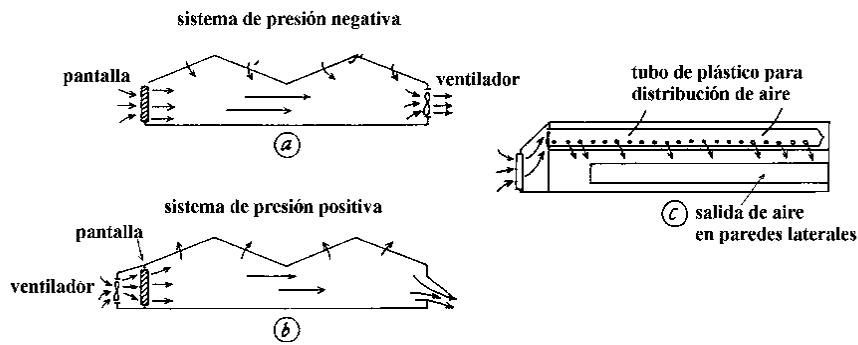
Los instrumentos de medida y control deben estar completamente protegidos de la radiación solar, alojados en cajas pintadas con material reflectante, o al menos de blanco. Asegúrese de que el aire circule alrededor del controlador a una velocidad de 3 a 5 m / s. Para ello, se puede instalar un ventilador eléctrico para extraer aire de la carcasa de los sensores.

### 3.3.3 REFRIGERACIÓN POR EVAPORACIÓN (SISTEMA DE LA PANTALLA DE EVAPORACIÓN)

Este sistema funciona según el principio de que, al evaporarse, el agua absorberá el calor del aire circundante. Para hacer esto, el aire pasa a través de una pantalla porosa saturada de agua. El aire, enfriado por evaporación, pasa por el interior del invernadero y sale por el otro extremo.

Este sistema se caracteriza por:

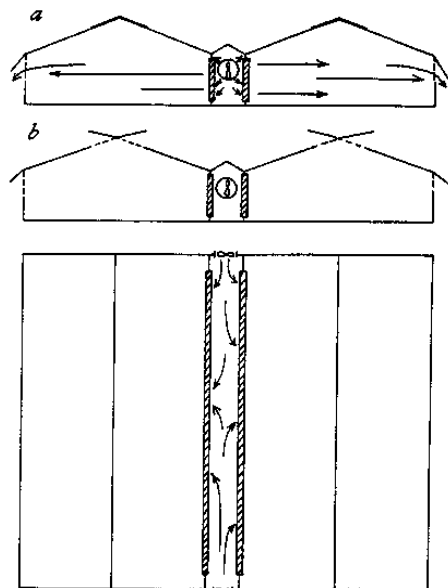
- Consume una gran cantidad de electricidad y agua.
- Su eficacia depende de la humedad del aire exterior.
- Ahorra agua a pesar de tener que utilizar un dispositivo de nebulización adicional. permite el uso de agua salada o agua de mala calidad sin obstruir los poros de la pantalla del evaporador. La distribución del aire debe evitar la creación de bandas de alta temperatura dentro del invernadero.
- El agua debe mantenerse a una temperatura fresca en un tanque subterráneo. El sistema debe ser eficiente incluso en días de alta velocidad del viento y su efectividad debe ser independiente de la dirección del viento. El costo de instalación depende principalmente del costo del ventilador.
- Se pueden distinguir dos sistemas, el sistema con presión negativa y el sistema con presión positiva.



Sistema de presión negativa y positiva.

El sistema de presión negativa (A) consta de una rejilla evaporadora en un lado del invernadero y extractores, ubicados en el lado opuesto. Este método crea un gradiente de temperatura entre las áreas de entrada y salida de aire. Debido a que la presión del aire dentro del invernadero es más baja que la presión del exterior, el aire puede entrar por las grietas y hendiduras, así como el polvo. Los ventiladores hacen circular el aire a través de las pantallas y, una vez que entra al invernadero, el aire se puede distribuir a través de tubos plásticos perforados.

Si se instalan pantallas en el espacio entre dos invernaderos adyacentes, puede ser posible una combinación de enfriamiento por evaporación y ventilación natural.



Combinación de refrigeración con sistema de presión positiva

El monitor se puede instalar en posición vertical u horizontal. La posición horizontal tiene la ventaja de ralentizar el proceso de sellado. Si pasa más agua de la necesaria para evaporarse, la obstrucción también se reducirá a medida que se lava la pantalla.

#### Posición horizontal y vertical de las pantallas evaporadoras

Si la humedad relativa exterior es alta, la eficiencia del sistema es muy baja.

Recomendación útil:

1) Debe instalarse de manera que aproveche la dirección del viento predominante. Las pantallas de humedad deben colocarse en el lado de barlovento del invernadero y los ventiladores en el lado opuesto.

2) Para mejorar la uniformidad de la temperatura se recomienda:

Cerrar todos los agujeros y grietas en la estructura

Limitar la distancia máxima entre el ventilador y el monitor a 0 m.

Aumente el número de ventiladores para un flujo de aire más eficiente.

Si el invernadero mide más de 0 m, se deben colocar pantallas en ambos extremos y un ventilador de techo en el medio.

Instale una boquilla de nebulización para agregar humedad al medio ambiente.

3) Dado que el aire cerca de las pantallas puede ser demasiado frío, en estos casos es aconsejable dirigir el aire frío hacia las zonas superiores del invernadero.

4) La presión del agua debe mantenerse constante para mantener los paneles húmedos.

5) Es conveniente que los extractores de un invernadero mantengan una distancia de 15 m de las pantallas evaporadoras de otros invernaderos adyacentes, de lo contrario el aire que escapa de uno de ellos entrará al resto.

6) Los extractores de invernaderos vecinos no deben estar uno frente al otro. O se instalan alternando sus enchufes, o si están enfrentados se debe respetar una distancia mínima de cuatro veces su diámetro.

7) Según lo recomendado por la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Agrícolas, el volumen de agua suministrado a la pantalla del evaporador horizontal no debe exceder los 0,2 litros / segundo por m<sup>2</sup> de la pantalla, y para la pantalla vertical, la velocidad El flujo

proporcionado y el volumen del tanque de recolección de agua que no se evapora y luego recircula debe:

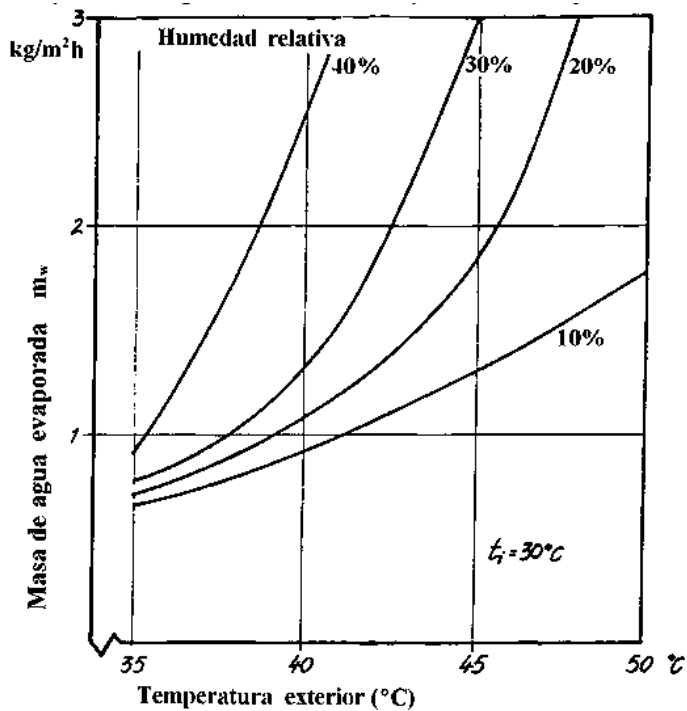
### 3.3.4 CAUDAL MÍNIMO Y VOLUMEN DE DEPOSITO DE AGUAS.

Tipo	Caudal mínimo litros/min por metro lineal pantalla	Volumen depósito agua (l/m <sup>2</sup> de pantalla)
Fibras 50-100 mm grosor	4	20
Fibras 50-100 mm (climas áridos)	5	20
Celulosa 100 mm grosor	6	30
Celulosa 100 mm grosor	10	40

*Datos obtenidos de Dirección de Producción y Protección Vegetal. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Roma, 2002*

8) La bomba de riego de la pantalla se puede controlar mediante un termostato y un deshumidificador conectados en serie. Los sistemas de deshumidificación se utilizan para controlar el exceso de humedad. Los dos controladores se instalarán en un recinto protegido contra las radiaciones y en la toma a una velocidad mínima de 3 m / s.

Las Figuras muestran casos de evaporación de agua e intercambio de aire, en función de la temperatura exterior y la humedad relativa. La temperatura interna es de 30°C. Los datos sobre la evaporación del agua y el intercambio de aire se dan por metro cuadrado de tierra de invernadero. Si la humedad relativa es superior al 30%, es necesario suministrar una gran cantidad de agua y aire. Por ejemplo, si la humedad relativa es 20 % y la temperatura exterior es de 45°C, se precisan 1,8 kg de agua y 210 m<sup>3</sup> de aire por metro cuadrado de invernadero.



Evaporación de agua en función de la temperatura exterior y humedad relativa.

El cálculo de la potencia de los ventiladores se hace de la misma manera como la ventilación forzada.

La potencia eléctrica es:

$$p = (V_a \times p) / N_u \quad (4-3)$$

siendo:

$V_a$  = tasa de ventilación en  $m^3/m^2 \times s$

$p$  = pérdida de presión a través de la pantalla y del invernadero ( $N/m^2$ )

$N_u$  = al rendimiento del ventilador

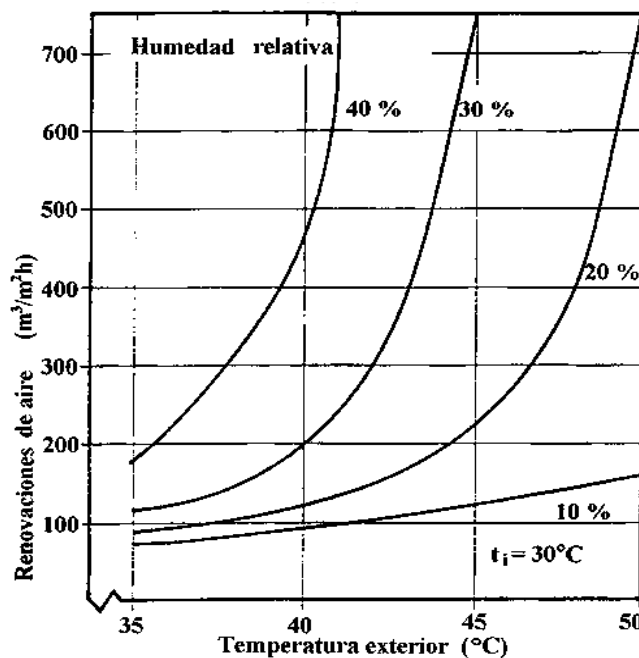
Las pérdidas de presión a través de la pantalla, están comprendidas entre 20 y 50 pascales, eso es de 2 a 5 mm de agua. El rendimiento del ventilador es próximo a 0,7.

$$\text{Si } V_a = 210 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hora} = 0,058 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{s}$$

La potencia es:

$$\text{W/m}^2 = 3,3 \text{ W/m}^2$$

Durante el tiempo de funcionamiento, la capacidad eléctrica es de 3,3 W por m<sup>2</sup> de superficie de suelo del invernadero. Si el sistema funciona durante 9 horas al día, el consumo es de 30 W/h×m<sup>2</sup>.



Renovación de aire a través de mantas en función de temperatura exterior y humedad relativa.

*Datos obtenidos de Dirección de Producción y Protección Vegetal. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Roma, 2002*

En comparación con la ventilación forzada, el sistema evaporativo consume un 75% más de electricidad (30 W / h / m<sup>2</sup>, en lugar de 18 W × h / m<sup>2</sup>).

Como se mencionó anteriormente, el flujo de agua debe ser mayor que el volumen del

evaporador para evitar la precipitación de sales en la pantalla. Los depósitos minerales, los insectos y la suciedad que ingresan a la pantalla reducen el flujo de aire y, por lo tanto, reducen la eficiencia del sistema.

Los evaporadores de peso o de micro grifo son otros sistemas de enfriamiento por evaporación que se utilizan comercialmente en horticultura.

Cada gramo de agua se evapora para producir un refrigerante de 600 tipos. Si se desea diseñar un sistema de enfriamiento evaporativo, los distintos parámetros involucrados son:

- Volumen total del invernadero.

- Número de intercambios de aire a una presión estática de 3 mm ( 5 a 60).

- Superficie de la pantalla y número de ventiladores (distancia media entre ventiladores 7 m).

- Como indicador, la potencia del motor que mueve las palas varía de 3 a 5 W / m<sup>2</sup> de superficie revestida.

- Debido a los altos costos de instalación, los sistemas evaporativos se utilizan solo en la producción de flores o cultivos de alto valor agregado.

- La principal ventaja de los sistemas de ventilación y las pantallas es su capacidad para enfriar el invernadero a un costo razonable. También tiene el beneficio adicional de aumentar la cantidad de agua en la atmósfera del invernadero sin aumentar excesivamente la humedad.

- Por lo tanto, la planta no sufre estrés hídrico porque la falta de saturación es demasiado baja. A pesar de que el sistema evaporativo es más caro que el sistema de ventilación libre o forzada, es el único sistema que permite la producción de cultivos de invernadero en regiones áridas donde la temperatura es muy alta y la humedad muy baja.

- En las regiones del norte, este sistema es menos recomendable.

### 3.3.5 TÉCNICAS DE SOMBREO

#### Pantallas de sombreo

En algunos casos, la cubierta del invernadero se quita durante los meses más cálidos del año y se reemplaza con mallas de sombreo y la estructura resultante se conoce como umbráculo en español, sombra en francés y sombrilla unitaria en inglés. Esta protección reduce en gran medida la influencia del viento y reduce la radiación a las plantas.

Dado que la reducción de luz es permanente y protege contra temperaturas no frías, este método se limita a:

Zonas con sol de verano muy fuerte y temperaturas nocturnas no muy bajas. Protege cultivos que no pueden tolerar ciertos límites de radiación debido a su susceptibilidad a la misma, como ciertos cultivares de plantas ornamentales. Proteger las plantas durante la etapa embrionaria.

Las cortinas deben tener las siguientes características:

- Deben colocarse y retirarse mallas de sombreo, para que cuando el sol no sea demasiado fuerte, en invierno se pueda volver a colocar la visera transparente.
- No deben interferir con la mecanización y el trabajo agronómico.

Construcción de dos tipos de sombreo:

- Estructura fija de gran superficie.
- Bodega móvil.

Las unidades de sombreo fijas, son parecidas al invernadero tipo parral, pero con estructuras más ligeras y más altas y cubiertas de materiales que pueden quitarse y ponerse, (especialmente las mallas de polietileno extruido, es el tema de una amplia gama de animales) marco estático).

Los paraguas portátiles están hechos de cables y cordones con una distancia de un metro entre ellos y a una altura de 30 cm sobre el suelo. La película de polietileno se reemplaza

por una malla no rígida, que no absorbe agua y no permite que crezcan hongos y parásitos. La mayor limitación de este sistema es el costo de quitar la cubierta e instalar la sombrilla. Ambos materiales se pueden utilizar durante varios años, pero para ello el sistema debe diseñarse en consecuencia. Las mallas deben almacenarse en un buen lugar y deben inspeccionarse para detectar daños.

### Sombreo

A menudo, el sombreado complementa la evaporación y la ventilación, cuando estas técnicas no mantienen la temperatura interior dentro de límites razonables.

a) El método más común es pintar la plataforma con una mezcla de producto de carbonato de calcio y agente humectante.

El uso de pintura es empírico, por lo que la tasa de reducción de la luz depende de la formulación de la mezcla y la cantidad utilizada, pero de acuerdo con las pautas nórdicas se mide que la descomposición energética se reduce en un 50%. Si se mezcla un Kg de producto con cuatro litros de agua. Esta cifra también puede aplicarse a la región mediterránea. Se debe agregar un poco de pegamento para que el agua de lluvia no lave la lejía.

b) Otros productos sofisticados que ya están en uso o en desarrollo, por ejemplo Una sustancia que se recubre sobre una película plástica y cuando está mojada, como cuando llueve, se vuelve transparente.

Otro material de sombreado desarrollado en Grecia que también se vuelve transparente al recibir humedad y reduce la humedad del invernadero en días nublados, debido a sus componentes higroscópicos.

c) Pulverizar con equipo instalado en la ladera de una montaña también puede reducir la temperatura interna. La misma técnica también se utiliza en el norte de Europa, con resultados muy prometedores en términos de reducción del riesgo de heladas y daños por baja temperatura.

d) El agua colorante ya no se usa en Europa debido a la complejidad del equipo. Solo se utiliza para invernaderos solares, en los que el agua coloreada, habiendo absorbido la energía solar, se reutiliza durante la noche para calefacción. No es un sistema comercial.

e) En algunos casos, por ejemplo, en el cultivo de plantas ornamentales de alto valor, los

agricultores utilizan pantallas móviles que se estiran y pliegan dentro del invernadero.

En cuanto al efecto del blanqueo sobre la temperatura del aire, los datos son escasos y difíciles de comparar, ya que la aplicación de la cal tendrá efectos diferentes según el tipo de invernadero en el que se utilice. Por ejemplo, un invernadero bien ventilado tendrá menos efecto de encalado que uno más sellado.

En Almería se registró una caída de temperatura de hasta 2 ° C utilizando cal en una estructura enrejada de 22 m de ancho con ventilación lateral. Esta disminución de temperatura no es impresionante, pero insignificante.

En Argentina, el trabajo de *Francescangeli et al. (1992)* quienes compararon el efecto del blanqueo aplicado a dos densidades: 95 y 3 g de cal hidratada en una solución de 1 kg de cal apagada por 5 l de agua. En general, la diferencia de temperatura entre el invernadero de control y el invernadero blanqueado fue de 2 a 3 ° C con las ventanas completamente abiertas (18 áreas por encima del nivel del suelo). La reducción de temperatura promedio de las plantas de tomate fue de ,6 ° C para el blanqueador concentrado y de 3,3 ° C para el blanqueador suave. El blanqueamiento afecta más la temperatura del suelo desnudo. La superficie alcanza una temperatura reducida de 8 o 9 ° C mientras el invernadero está completamente abierto. Este hecho puede ser muy importante en las primeras etapas del desarrollo del cultivo.

Con respecto a la capacidad de enfriamiento del sistema de riego de techos, algunos datos disponibles difieren entre sí. *Cohen (1983)* midió que la temperatura del techo bajó 8 ° C, pero la temperatura del ambiente y las hojas de tomate solo bajaron menos de 1 ° C. *Francescangeli (1992)* tampoco encontró una disminución significativa en esta tecnología. El trabajo de *Pallara y Sancilio (1988)* es más optimista sobre el uso del riego de techos, pues en su caso, el valor promedio del valor máximo es 3.5 ° C menor que el valor promedio del control comparativo. La temperatura interna medida es más baja En el invernadero de temperatura exterior. Pallara, sí agregó tinte al agua pero su ocupación no especificó de qué tipo ni cuánto.

Nuevamente, es difícil comparar experimentos realizados en diferentes invernaderos, con diferentes sistemas de ventilación y con diferentes cultivos. Es por ello que destacamos la

técnica del balance energético como método de cálculo general aplicable a cada caso concreto.

En nuestra opinión, regar el techo en verano no es una técnica sin problemas (crecimiento de algas, formación de depósitos sobre plástico, entrada de agua al invernadero si la película se fija con clavos o hilo) y la temperatura no supera un descenso por sistemas convencionales de blanqueo o pulido.

Consideraciones a tener en cuenta en el sombreado del invernadero

Hoy en día, se piensa que el aumento de la temperatura de las plantas o su entorno provoca más daño a las plantas que un exceso de luz visible. El exceso de calor suele ir acompañado de problemas de suministro de agua, lo que impide que las plantas alcancen temperaturas dentro de límites razonables. Por tanto, la cortina opaca ideal debe tener las siguientes características:

**a)** Se requiere selectividad. No basta con cortar parte de la radiación solar, sino que ésta debe provenir del infrarrojo cercano y no de la región visible, ya que esta última es necesaria para la fotosíntesis. Sombrear no debe ser sinónimo de falta de luz, porque esta falta de luz es aún más perjudicial para el crecimiento de las plantas cuando la temperatura es alta. La selectividad debería ser el primer factor de calidad para los sombreadores de pantalla. Lamentablemente hasta la fecha (1993) no se ha producido un tipo de pantalla selectiva, a la par que económica, a pesar de que se ha dedicado mucho esfuerzo al desarrollo de este material.

**b)** No debe ser coloreado, porque cualquier material coloreado corta un porcentaje mayor del espectro visible. La parte absorbida corresponde a su color complementario (por ejemplo, una pantalla naranja o verde absorbe una mayor cantidad de azul y desequilibra el espectro de luz transmitido a la planta). Además, a menudo se produce una pérdida adicional de luz visible por absorción, lo que tiene la desventaja de aumentar la temperatura del invernadero.

**c)** Debe reflejar, en lugar de absorber, parte de la radiación solar que bloquea. Si la pantalla refleja radiación, no se calienta y, por lo tanto, no aumenta la temperatura de la estructura.

**d)** Debe poder ajustar la intensidad de la luz. El parasol con su mecanismo automático de estiramiento y retracción tiene la ventaja de eliminar el exceso de radiación incidente, pero si la apertura y el cierre se controlan mediante un termostato, en lugar de un sensor de luz, se optimizará el uso de la fotosíntesis por radiación.

**e)** Debe ser portátil. Incluso en las regiones del norte, una pantalla que corta una parte importante de la radiación solar (60-80%) no puede durar todo el día y meses, ya que reduce la tasa de fotosíntesis. La red de la sombrilla solo puede expandirse cuando la energía solar es excesiva.

**f)** Debe instalarse fuera del invernadero. Este factor es especialmente importante si las pantallas absorben la radiación solar, pero las pantallas a menudo se colocan en interiores, ya que también se utilizan como escudos térmicos por la noche.

**g)** No reduzca la ventilación. Si el invernadero tiene ventilación cenital, las mallas de sombra instaladas dentro del invernadero reducen en gran medida la tasa de renovación del aire.

**h)** Debe tener un precio razonable. Con el porcentaje de transmisión, reflexión y absorción de la radiación solar e infrarroja a lo largo de una serie de pantallas utilizadas para sombrear. Los componentes básicos son PE, EVA, poliéster, material acrílico o una mezcla de resinas.

Como se puede observar, la mayoría de los materiales no cumplen los requisitos antes mencionados: muchos materiales absorben más que la radiación solar reflejada, contienen colorantes, no son selectivos, no dan ajuste de intensidad lumínica y son difíciles de instalar en invernaderos.

En los últimos años, se ha desarrollado un nuevo producto, que es una mejora con respecto

a los productos anteriores. Consiste en una película transparente cubierta por tiras reflectantes de aluminio o productos similares, como por ejemplo el cromo. Según sea el número de tiras reflectantes, se logra una pantalla de distintos porcentajes de sombreo.

#### Conservación del calor

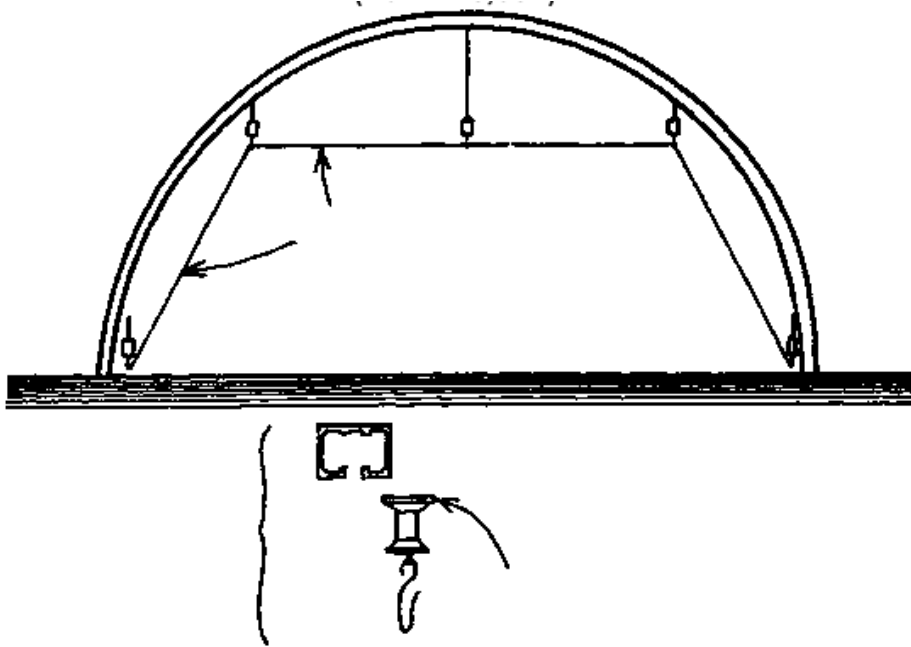
La mayoría de los invernaderos mediterráneos no se calientan y por eso es importante mantener el calor que el invernadero captura de forma natural.

Si el invernadero está equipado con calefacción artificial controlada por termostato, una forma de ahorrar energía es reducir las temperaturas requeridas durante el día y la noche a un límite económico, es decir, en el punto en el que la energía ahorrada no se equilibra con la pérdida debido a la reducción de la producción. o orejas. Desafortunadamente, los requerimientos de calor de todos los cultivos y la curva de pérdida de rendimiento versus caída de temperatura no se conocen con precisión. Otra forma de ahorrar energía es elegir los cultivos de cada especie que consuman menos calor. El desarrollo de variedades con bajos requerimientos de calor es una de las áreas de investigación más interesantes. Si el invernadero no dispone de calefacción artificial, la única forma de evitar un descenso brusco de las temperaturas nocturnas es conservar la máxima cantidad de calor solar recibido durante el día. Para ello, además de hacer más hermético el invernadero, se pueden utilizar diferentes técnicas, entre las que merece atención la instalación de paredes dobles y pantallas térmicas.

#### Pantalla térmica extendida durante la noche

Esta técnica se considera una mejora costosa pero eficaz del método anterior: nos referimos a una segunda película, este es de un material con mejores propiedades aislantes que el polietileno, igualmente se extiende por la noche y se captura durante el día, para permitir el paso de la radiación solar.

Este sistema es más caro ya que requiere mecanismo de apertura y cierre, preparación y cosido de mamparas e instalación, que será más o menos complicado según el número de postes y obstáculos en la estructura del invernadero.



Descripción del sistema de fijación de una pantalla térmica en un invernadero arqueado

La eficacia de la pantalla, es decir, el mínimo aumento de temperatura en un invernadero sin calefacción, depende de la calidad del material, la estanqueidad de la instalación, la cantidad de radiación solar obtenida durante el día, el tiempo de apertura y cierre de las cribas. Los principales problemas asociados con el uso de tamices son el costo, la cobertura vegetal durante la recolección de los tamices y la consiguiente reducción del rendimiento, la acumulación de agua sobre el material, el aumento de la humedad debido a la ventilación, y en lugares con climas fríos, la temperatura desciende repentinamente cuando el las pantallas se recogen temprano en la mañana.

#### Requisitos para un aislamiento ideal

- a) Debe reflejar pero no absorber los rayos infrarrojos lejanos. Si la pantalla refleja los rayos infrarrojos lejanos, que son emitidos por plantas, suelo, calefacción artificial, no aumenta su temperatura y por tanto transfiere menos calor al exterior.
- b) Móvil. Si el material es fijo, siempre pierde luz adicional, a menudo más allá de la tolerancia. Si el material se ve borroso por la radiación, debe poder capturarlo al amanecer.
- c) Debe ser un buen aislante, es decir, tener un valor de K muy bajo y estar instalado de

manera que se evite la fuga de aire entre el área de cultivo y el área exterior de la planta.

d) Es económica. El precio de los escudos térmicos no tejidos suele ser más bajo que el de los materiales tejidos, pero la vida útil suele ser más larga.

#### Uso de las pantallas de sombreo como pantallas térmicas

Las pruebas y ensayos llevados a cabo en diferentes puntos de la región mediterránea muestran que los escudos térmicos solo son económicamente viables si se utilizan en invernaderos con calefacción. En invernaderos con revestimientos de polietileno sin calefacción, las pantallas solo aumentan la temperatura nocturna en 2 o 3 ° C. Si desea lograr una mayor diferencia entre la temperatura interior y exterior, debe utilizar manta doble extra.

#### Otras técnicas

Además de las técnicas ya mencionadas, existen otras técnicas de carácter complementario, cuya eficacia en términos de conservación del calor es difícil de estimar, ya que dependen de las condiciones específicas de cada invernadero. Estas técnicas incluyen las siguientes:

- 1) Aísle todas las partes no transparentes del invernadero, especialmente los canales de recolección de agua, que son buenos conductores de calor.
- 2) Aislar la pared N con una película de burbujas de polietileno o cualquier otro material con factor K bajo
- 3) Protección contra vientos fríos con parabrisas que no den sombra a las plantas.
- 4) Si es posible aislar el piso del invernadero y en áreas más frías del suelo
- 5) Riegue el techo durante los períodos más fríos, (ver Figura 77)
- 6) Riegue el revestimiento interior del escudo térmico.
- 7) Mantenga suficiente humedad dentro del invernadero.

### 3.3.6 HUMEDAD

La humedad es uno de los factores ambientales que afectan el cultivo en invernadero. Los efectos de la humedad no se han investigado con la misma profundidad que otros factores ambientales, probablemente porque es difícil controlar y medir con precisión esta variable. El aire del invernadero se enriquece con vapor de agua por evaporación del suelo y transpiración de las plantas.

Por la noche, la evapotranspiración tiene poca importancia, ya que los estomas reducen la evaporación y la evaporación del suelo es insignificante debido a la pequeña deficiencia de presión de vapor. Cuando la temperatura en el invernadero desciende, la humedad relativa cambia en proporción inversa a la temperatura, y el contenido absoluto de vapor de agua en el aire se vuelve constante, lo que aumenta y puede alcanzar casi la saturación. Durante el día, bajo la influencia del calor solar, la humedad absoluta del aire aumenta debido a la apertura de los estomas, lo que aumenta la transpiración. Al mismo tiempo, la humedad relativa puede disminuir al aumentar la temperatura y en muchos casos puede llegar a valores muy bajos, especialmente si el invernadero está bien ventilado. El cultivo tiene un efecto claro sobre la humedad ambiental: los tomates pueden evaporarse en condiciones óptimas hasta 15 gramos de agua por metro cuadrado y minuto, o alrededor de un litro por metro cuadrado y hora.

En cuanto a la humedad en invernaderos, conviene enfatizar los siguientes puntos:

1. Definición y dependencia de la humedad.
2. Efecto de la humedad sobre el clima de invernadero.
3. Control de la humedad.

Las plantas deben transportar agua para el transporte de nutrientes, autoenfriamiento y regulación del crecimiento. La transpiración depende de la falta de saturación entre los estomas y el aire.

Cuando los déficits de saturación son demasiado altos o demasiado bajos, afectan la fisiología de la planta y su crecimiento.

Si la humedad ambiental es demasiado alta, el intercambio de gases se restringe, lo que reduce la transpiración y, por lo tanto, la absorción de nutrientes.

Si la humedad ambiental es demasiado baja, los estomas se cierran y la fotosíntesis se ralentiza.

La alta humedad puede dificultar la polinización porque el polen húmedo puede adherirse a los órganos masculinos.

La humedad ambiental puede promover el desarrollo de enfermedades. Si la temperatura del cultivo cae por debajo de la temperatura del rocío en el aire, el agua se condensará y causará enfermedades fúngicas.

Definiciones y factores que hacen variar la humedad

El aire húmedo es una mezcla de vapor de agua y aire seco. Los siguientes números se utilizan para caracterizar el contenido de vapor de agua del aire:

-Humedad relativa (h.r.) = presión de vapor / presión de saturación real. Se expresa en%. Se define como el cociente de la presión de vapor actual y ese sería el cociente si el espacio estuviera ocupado por el vapor en condiciones saturadas.

El concepto de h.r. se usa más comúnmente en relación con la humedad del aire, ya que es fácil de medir pero no tiene sentido si la temperatura ambiente no se expresa simultáneamente.

-Humedad absoluta = masa de vapor de agua/volumen (kg/m<sup>3</sup>)

La humedad absoluta es el peso del vapor de agua en un volumen dado de aire y se expresa en kg de vapor de agua por metro cúbico de aire seco.

La humedad absoluta y relativa dependen de la temperatura. A 15° C un metro cúbico de aire puede contener 13 gr de agua y a 35° C, 39 gr de agua.

-Contenido en agua = masa de vapor de agua/masa de aire seco (g/kg)

El contenido de agua es independiente de la temperatura.

Las plantas reaccionan fisiológicamente a: déficit de presión de vapor d.p.v.= presión de saturación presión de vapor actual.

Otro índice similar es la diferencia de contenido de agua = contenido de agua en saturación contenido de agua actual.

Para una temperatura dada, la pérdida por saturación de vapor de agua D.S.V. Cambia según la humedad del aire.

Si la temperatura es de 20°C y la hora r.h. La capacidad de evaporación es un 60% el doble que en condiciones de 20°C y 80 h.r. (d.p.v. = 7,02 y 3,51 mm Hg).

Si h.r. Es 60%, d.p.v. es 7,02 mm de mercurio si la temperatura es de 20°C y 12,7 mm de mercurio si la temperatura es de 30°C. Por lo tanto, la tasa de evaporación se duplica para una temperatura de 30° en comparación con 20°C, si h.r. en ambos casos es del 60%.

Si la temperatura del aire es de 20° C y r.h. 60%, su d.p.v. son 7,02 mm de mercurio. Si la temperatura del aire aumenta a 30 ° C sin cambiar el contenido absoluto de vapor de agua, entonces la temperatura d.p.v. pasando de 7,02 a 21,32 mm. de mercurio y por lo tanto la tasa de transpiración se triplica.

La temperatura del punto de rocío es un valor que marca la formación de condensación. La diferencia entre la temperatura del punto de rocío y la temperatura real del aire se llama diferencia del punto de rocío. A mayor diferencia de punto de rocío, menor es el peligro de condensación de agua en el cultivo.

Al discutir la humedad relativa en el invernadero es necesario considerar cómo este factor varía de una manera natural en respuesta a las otras condiciones ambientales. Si la masa de aire del invernadero se mantiene a una temperatura superior a la de la temperatura del material de cubierta, la humedad relativa es inferior a la de saturación. Esto puede ilustrarse sobre una carta psicométrica. El aire a 21,1 ° C y la humedad relativa de 90 ° C se enfría a una temperatura de 10 ° C. Por debajo de la temperatura de 17,5 ° C se realiza la succión. Humedad (bb × línea) Si luego este aire se recalienta a 21,1 ° C, sin añadir humedad, la humedad relativa es del 9.

Si el aire es húmedo en el invernadero está en contacto En contacto con una superficie fría que está por debajo del rocío punto del aire, se produce condensación: La condensación se produce en la superficie más fría. Por ejemplo, la condensación se produce en los plásticos para techos incluso durante el día, en invernaderos cerrados, si la temperatura exterior es más baja que la interior. Como resultado, tiene lugar el proceso de deshumidificación del aire.

Si hay suficiente ventilación, casi no hay diferencia entre la humedad relativa del aire en el invernadero de vidrio. La diferencia es que la condensación se produce en forma de gotas en los materiales plásticos mientras forma una película continua sobre el vidrio. La

mayor desventaja en el uso de materiales plásticos para cubrir invernaderos es el alto nivel de concentración de condensado en forma de gotas con la posterior caída sobre el cultivo.

#### Influencias de la humedad

Se ha demostrado que la condensación reduce significativamente la transferencia de calor de algunos materiales para techos, como el polietileno, al absorber las pérdidas por radiación.

La reducción en la transferencia de calor radiante es incompleta porque la película plástica no está cubierta uniformemente por las gotas de agua condensada. Los datos experimentales muestran que la superficie efectiva ocupada por gotitas es del 70% en presencia de abundante condensado y del 25% en presencia de poca luz. El movimiento de aire generado por el ventilador eléctrico reduce o elimina por completo la formación de vapor de agua. En condiciones despejadas por la noche, la temperatura del aire a veces desciende bruscamente después de la puesta del sol, debido a la alta pérdida de radiación que se produce antes de que se forme condensación en el material del techo. La formación de condensado es otro mecanismo de transferencia de calor del aire del invernadero a su techo.

Cuando la humedad relativa del invernadero aumenta cerca del punto de saturación, a menudo ocurren problemas con el desarrollo de la enfermedad de las hojas, pero si la humedad relativa es inferior al 75%, estos problemas son menos importantes.

Se realizó un experimento para verificar la prevalencia de enfermedades fúngicas en tomates cultivados en tres regímenes de humedad:

- A) sin control de humedad relativa.
- B) control de la humedad relativa hasta el 90%.
- C) control de la humedad relativa hasta el 75%.

En el tratamiento A se observó una tasa significativa de infección por *Cladosporium fulvum*, mucho menor en el tratamiento B y casi inexistente en el tratamiento C. Se observaron resultados similares en términos de morbilidad *Botrytis cinerea*. En el cultivo

de tomate también se han observado problemas con el desarrollo anormal del color de la fruta, rotura de la fruta y aparición de manchas relacionadas con la polinización, mala por la baja humedad relativa. La baja humedad relativa también afecta negativamente la floración de tomates, melones y judías verdes, dañando las flores y aumentando el amargor de los pepinos. Los experimentos en una cámara de ambiente controlado, en la que solo se cambió el factor de humedad, mostraron que el aire humidificado aumentaba significativamente la eficiencia del uso del agua, pero también producía cambios morfológicos. En atmósfera húmeda, el área foliar se reduce, los órganos de almacenamiento vegetativo se desarrollan más tarde o no se desarrollan en absoluto, la floración y la fructificación se retrasan, las hojas envejecen más temprano y los estomas permanecen abiertos, lo que permite la difusión continua de CO<sub>2</sub>.

#### Control de la humedad

Un factor clave en la regulación de la humedad dentro de un invernadero sin calefacción durante el clima frío es la formación de condensado en los lados internos del techo. Si no se agrega humedad en estas condiciones, la condensación provoca una disminución de la humedad relativa. Si la masa de aire se mantiene a una temperatura superior a la de los techos, la humedad relativa será inferior a la saturación. Los experimentos en los Estados Unidos muestran que la humedad en los invernaderos suele ser inferior al 90% durante los períodos fríos porque el vapor de agua se condensa en las superficies frías. En los invernaderos mediterráneos, no es seguro que esto suceda también.

A menudo se forma condensación en las plantas, lo que provoca infecciones y la propagación de enfermedades. En invernaderos sin calefacción, este problema puede evitarse:

- Aumentando la temperatura del aire y de las plantas.
- Mejorar la distribución del calor entre plantas mediante escudos térmicos.
- Instale un sistema de riego que ahorre agua.

En invernaderos de plástico sin calefacción, la condensación se puede reducir de la siguiente manera:

- Para aumentar la temperatura del medio de cultivo, materiales de cubierta con baja

transmisión de infrarrojos o con doble pared.

-Para reducir la humedad absoluta del aire, se puede utilizar mantillo plástico y riego por goteo en lugar del encharcamiento.

-Para evitar que los condensados caigan sobre el medio de cultivo, se pueden utilizar productos con tratamiento antigoteo.

-Para reducir áreas de alta humedad ambiental, las partes inferiores de los tallos de tomate pueden perder hojas, para promover la circulación del aire y si se dispone de aire caliente, distribuirlo entre los tocones con tubos de plástico perforados.

-El intercambio regular de aire interior y exterior con menor humedad se puede mantener ventilando por la noche a pesar de la mayor pérdida de calor debido a la ventilación y la evaporación del agua.

Si el ambiente es caluroso, se pueden identificar tres tipos diferentes de problemas de humedad:

1. La humedad nocturna es alta cuando no hay calefacción solar y cuando la temperatura exterior es cercana o superior a la temperatura interior deseada.

2. Las condiciones de humedad son altas ya que el sol calienta el invernadero, pero no lo suficiente como para evitar la necesidad de ventilación.

3. La humedad es baja cuando el sol calienta el invernadero lo suficiente como para requerir ventilación.

4. La humedad relativa del invernadero tiende a aumentar en saturación a medida que la temperatura del aire exterior se acerca o supera el aire interior y la posibilidad de condensación es cero. En estas condiciones, la humedad relativa se controla mediante ventilación hasta que desciende por debajo del nivel requerido.

5. Si el aire exterior tiene una humedad relativa alta, el sistema de ventilación debe complementarse con calefacción artificial. Se ha comprobado que cada aumento de la temperatura del aire de un grado genera una caída próxima al 5% en la humedad relativa.

Durante los períodos cálidos la humedad relativa en el invernadero cae por debajo de los niveles deseados, para aumentarla se pueden usar las siguientes técnicas:

- Sombreado (la disminución de la temperatura del aire se compensa con un aumento de la humedad relativa).

- Rociar con agua la tierra, los árboles y los materiales para techos tiene dos ventajas: aumentar la humedad y reducir la temperatura.

- Mejora el movimiento del aire. Con esto, es posible aumentar la evapotranspiración y la humedad relativa del invernadero cerrado.

- Utilice la cortina del evaporador y el ventilador eléctrico. De esta forma, el agua se evapora y la humedad relativa aumenta.

- Quema gas para producir CO<sub>2</sub> agregando humedad al aire interior.

- El uso de un nebulizador reduce la temperatura y aumenta la humedad relativa.

### 3.3.7 CRECIMIENTO

Para este período, al igual que el Eucalipto, la necesidad de abastecimiento de material vegetal se cubrirá con la instalación de huertos especiales, del tipo “valla”, en los que las plantas donantes del árbol se propaguen o la planta madre se rejuvenezca mediante podas continuas y sistemáticas. Las líneas utilizadas se propagarán en poblaciones replicantes cultivando plantas jóvenes a partir de esquejes cultivados en vivero o mediante cultivo in vitro. Estas alternativas, en opinión de Libby (1983), son más económicas y evitan las dificultades inherentes a encontrar grandes áreas adecuadas para el establecimiento de huertos de semillas convencionales.

Los diferentes orígenes y estructuras del material resultante, siempre proveniente de clones seleccionados y con propiedades previamente probadas, hacen necesaria la reconstrucción de incubadoras existentes, tales como incubadoras. Vidrio climatizado, con recipientes especiales y sistema de separación y fertilización que produce en lugar de buenas raíces.



Piscina de setos madres eucalipto

### 3.4 LA PROPAGACION VEGETATIVA; COMO EJEMPLO EN LA PRODUCCION DE EUCALIPTOS

Todos los métodos de propagación vegetativa, incluida la micropropagación, se han probado en árboles de eucalipto, pero el más común es el enraizamiento a partir de esquejes. La amplia investigación a nivel mundial por este método obedece a varias razones bajas en comparación con otros.

La técnica del enraizamiento se utiliza en algunos países, especialmente para aumentar la producción de pulpa. Los resultados más notables se han obtenido en el Congo y Brasil, donde se han establecido grandes plantaciones clonales a nivel comercial, con rendimientos muy altos. En Aracruz, Brasil. Mediante esta técnica, se obtuvieron clones que permitieron el establecimiento de plantaciones homogéneas, con excelente tamaño natural, contenido de celulosa superior al 50% y ganancia media anual superior a 70 m<sup>3</sup>. / Ha / a ~ 0, estas características en conjunto han dado como resultado un aumento de

bosque. rendimiento de alrededor del 112% (*García, 198* , *Zobel et al, 1983*). Actualmente. Se producen millones de cultivos en todo el mundo mediante sistemas de corte. principalmente especies subtropicales, como *E. grandis*, y una proporción más pequeña, aunque creciente, de especies de zonas templadas, como *E. globular*. Las técnicas de propagación vegetativa se están desarrollando muy rápidamente y han sido adoptadas por importantes empresas como APPM en Australia, CELBI en Portugal y ENCE en España, que ya tienen programas activos con *E. globulus*.

#### 3.4.1 VENTAJAS

La plantación industrial de especies forestales que se propagan por plantas es una práctica común para las especies fáciles de enraizar. Esta forma de propagación permite la adquisición y transferencia de todos los potenciales genéticos de la planta parental a la nueva planta, además permite un uso rápido de las características genéticas de la planta seleccionada. Consigue plántulas para establecer una plantación.

El uso de la propagación vegetativa en el desarrollo de material genético mejorado puede demostrarse en dos áreas distintas. En investigación, reduce la variación genética al permitir la disponibilidad de material homogéneo para ensayos y pruebas, reduciendo la variabilidad residual en las pruebas estadísticas; permitir que las plantas se ubiquen en un área centralizada, como un laboratorio o un invernadero para una investigación intensiva; también preservar genotipos y combinaciones de genes en bancos de clones o viveros con fines científicos y para posibles usos posteriores en programas operativos. Por otro lado, dentro del área de operación o producción propiamente dicha, permite el desarrollo de huertos semilleros o bancos clonales para la producción a gran escala de semillas o plántones, así como el uso directo de materiales. de plantaciones comerciales.

La principal ventaja asociada al uso de la propagación vegetativa radica en el área de mejoramiento genético, ya que permite la transferencia de rasgos que, debido a la baja heredabilidad, no se transfieren eficientemente a la descendencia a través de la sexualidad, siempre y cuando la especialidad técnicas. No se puede usar; Fuera de servicio; Disfunción. como polinización controlada o huertos hermafroditas. Por esta razón, su uso es particularmente interesante para obtener beneficios genéticos sobre rasgos con un fuerte componente de variación genética no aditiva, tales como: crecimiento, peso seco,

producción de celulosa mandibular y producción de pulpa. También es particularmente útil para reproducir híbridos que son difíciles de propagar o que tienen una progenie muy diversa.

### 3.4.2 DESVENTAJAS

A pesar de sus muchas ventajas, la propagación vegetativa también tiene algunas desventajas. El principal problema es la dificultad para propagar plantas fisiológicamente maduras. En este sentido, cuando las plantas parentales pueden tener la edad suficiente para ser seleccionadas por un rasgo que necesita mejoramiento o mantenimiento, a menudo han perdido su capacidad de enraizar (Chaperon, 1979; 1983; Hartney, 1980), lo que crea un obstáculo. cuando es deseable multiplicar plantas con genotipos superiores probados (Zobel y Talbert, 198 ) y requiere la aplicación de técnicas de rejuvenecimiento, que requieren costos adicionales de tiempo y recursos, antes de iniciar la producción y enraizamiento de orquídeas.

Los problemas relacionados con la aplicación de métodos de propagación vegetativa a plantas maduras han sido resumidos por Franclet (1983) como sigue: La calidad es heterogénea, en términos de regeneración y vigor vegetativo de las plantas. Menor homogeneidad y capacidad regenerativa de los órganos, así como reducida capacidad para recuperar el vigor vegetativo, incluso cuando los esquejes se obtienen de la región más adecuada y las técnicas de propagación son las más complejas. La transmisión y memoria de la heterocigosidad en generaciones sucesivas de esquejes de raíz.

La idea de que los esquejes, genéticamente idénticos a la planta madre, crecerán igual, puede ser engañosa. De hecho, los esquejes son idénticos a la planta parental en el sentido de que tienen el mismo genotipo, pero está claro que algunos genes son más eficientes que otros, o deben ser activados o desactivados por el entorno, la edad y la ubicación dentro del parental. árbol. o mediante tratamiento. nosotros ex lemos. Esto, a su vez, afectará la fisiología de la planta y, por lo tanto, los propágulos a veces no se desarrollarán en el mismo patrón o forma que la planta original.

*“Este fenómeno, conocido como variación dentro del clon, influye directamente en la ganancia genética lograda. Frecuentemente se manifiesta como diferentes comportamientos, dependiendo de características fisiológicas o morfológicas de la fuente de propágulos al momento de realizar la reproducción clonal (efectos de sitio, o también a través de la variación por competencia, según la cual los clones no solo se comportan de acuerdo a su genotipo y medio ambiente físico, sino que también de acuerdo a los genotipos de aquellos individuos con los cuales competirán por agua, nutriente, luz y espacio (Shimizu, 1988b)”*

*Los efectos comprenden tanto a la ciclofisis o variación dentro del clon debido a la edad de la planta madre, fenómeno muy relacionado con la maduración del meristema apical de ésta, como a la topofisis, o efecto de la localización de la estaca en el árbol madre, fenómeno responsable de que algunas veces los propágulos enraizados mantengan por algún tiempo un hábito de crecimiento igual al del órgano que ellos constituían en el ortet.*

*Ambos incluyen variación no sólo en el crecimiento sino que también provocan cambios fisiológicos y morfológicos menos perceptibles, los que en su totalidad pueden ser aminorados en la medida que se utilice material más juvenil o se proceda al rejuvenecimiento del ortet antes de su reproducción asexual. (Lobel y Talbert, 1984).*

*La variación dentro del clon aumenta con la edad del ortet del que proviene y en la medida que se acentúa la diferenciación entre órganos, tejidos y células en el rameto. Esta variación aumenta en cada una de las características individuales y particularmente para la velocidad de enraizamiento de cada estaca. A diferencia de las características genéticas, la variación dentro del clon está fuertemente influenciada por el medio ambiente y por el estado nutricional de los rametos (Franelet, 1979).*

*Existen evidencias de inferioridad en el comportamiento de las estacas enraizadas respecto a las plantas de semillas, aspecto sobre el cual hay controversia, lo que acentúa la importancia de desarrollar experimentos que la aclaren definitivamente (Lindgren, 1977).*

Se ha informado que las ramitas obtenidas mediante esquejes de enraizamiento a veces desarrollan un sistema radicular poco profundo y desproporcionado, lo que las hace

susceptibles a la caída. Si se descubre que el clon de mayor rendimiento es sensible al viento y se ha cultivado en un área grande como una población de una sola temporada, el daño causado por este factor podría ser catastrófico.

El sistema radicular poco profundo de los árboles de eucalipto creado por esquejes de raíces será un problema grave en áreas con lluvias estacionales o períodos muy secos, ya que los individuos serán más susceptibles a la sequía, especialmente en suelos arenosos donde la capacidad de retención de agua es muy baja.

### 3.4.3 DEBILIDAD A NIVEL DE POBLACIÓN

La estructura genética de una población afecta su productividad, estabilidad y resistencia a las enfermedades. Cuando se usa la propagación vegetativa, esta estructura se altera con los beneficios y riesgos asociados.

*En teoría, una población genéticamente heterogénea produce más biomasa y otorga una mayor estabilidad a la productividad dentro de un rango de condiciones ambientales. Por el hecho de existir árboles genéticamente distintos, ocupando nichos ecológicos ligeramente diferentes, se produce una utilización más eficiente del espacio ecológico por parte de la población, la que además tendrá una mejor capacidad de respuesta y adaptación frente a cambios producidos en el medio ambiente (Lindgren, 1977).*

Por el contrario, una población genéticamente homogénea no puede superar bien los cambios en las condiciones ambientales. Una vez adoptada la propagación clonal como estrategia de reproducción, se deberá enfrentar como primera actividad la evaluación y selección de las plantas Madres,

La selección normalmente se efectúa en base a la expresión fenotípica de los individuos y considera al menos los siguientes caracteres:

- Desarrollo en volumen
- Densidad básica de la madera Morfología
- Resistencia a plagas y enfermedades

Posteriormente se les evalúa la capacidad para rebrotar de tocón, la calidad de los brotes producidos y la aptitud de enraizamiento de sus estaquillas (Cañas, 1990; Celbi, 1982).

En esta etapa la selección suele ser muy intensa y normalmente sólo el 2% de los árboles plus seleccionados cumplirá adecuadamente todas las restricciones impuestas para llegar hasta la etapa de propagación masiva (Celbi, 1982).

De acuerdo con Polls y Polls (1986), el período de tiempo transcurrido desde la selección de los árboles plus hasta su utilización en plantaciones industriales de clones probados, es de al menos 5 años.

#### 3.4.4 VÍA RETOÑACIÓN

Esta es una técnica destructiva, pero tiene la ventaja de simplificar la siguiente etapa del proceso o antes de la propagación.

Se trata de cortar mas setos a finales del invierno o principios de la primavera, dejando un tocón de 15 cm de altura. A 080 cm de largo, se cortan brotes de su tercio inferior con 2 o 3 estacas de 10 a 15 cm de largo y con 2 pares de hojas.

Habitualmente se seleccionan brotes con buen pigmento clorofílico y preferiblemente sin ramificación axilar, cuidando de permitir que ocurra la cepa desafiante para que su crecimiento sea equilibrado con la planta y evitar el agotamiento de la planta por brotes sucesivos de yemas. Los esquejes producidos a partir de brotes jóvenes se someten a un proceso de enraizamiento, como el propuesto por Ipinza y Gutiérrez (1992),

#### 3.4.5 CRITERIOS PARA SELECCIONAR LA ESTRATEGIA DE PROPAGACIÓN

Dadas las ventajas y desventajas de la propagación vegetativa, no sustituye a la propagación por semillas sino al contrario, es un complemento en la explotación de los mejores genotipos.

El beneficio genético obtenido al recolectar la variación genética completa en las operaciones de clonación es lo más alto posible para un clon dado, ya que no se puede descubrir ninguna otra variación genética. Sin embargo, la búsqueda de una materia prima de mejor calidad y más eficaz debe seguir adaptándose a los cambios creados por las necesidades del mercado, o en el entorno en el que se cultivará el árbol. Esta

transformación solo se puede lograr mediante la recombinación genética combinada con la reproducción sexual. Por esta razón, esta técnica debe seguir utilizándose y, junto con los programas de selección y evaluación de hibridación individual, producirá recombinaciones genéticas de interés, que luego pueden ser propagación vegetativa. Sería un error tomar decisiones de inversión en silvicultura clonal basadas en las ganancias potenciales de un clon dado, ya que el riesgo de pérdida debido a factores ambientales también sería grande.

Al tener una población con más diversidad genética, está mejor protegida contra cambios ambientales adversos, aunque la media de estos rasgos económicos, debido a la variación, será menor. Por esta razón, las decisiones de inversión en Silvicultura Central no deben tomarse hasta que se haya realizado un análisis exhaustivo de los posibles beneficios y riesgos involucrados.

Teóricamente, el comportamiento de un árbol o familia (Y) está determinado por cuatro fuentes de variación, expresadas en la siguiente ecuación:

$$y = G_a + G_{na} + E + EG$$

Donde;

$G_a$  = Varianza genética aditiva.

$G_{na}$  = Varianza genética no aditiva.

$E$  = Varianza del medio ambiente.

$EG$  = Varianza de la interacción genotipo ambiente.

En estos enfoques, se puede decir que siempre que haya variación genética acumulativa. Los cruces entre plantas parentales superiores tienden a producir progenies dominantes y son genéticamente más rentables porque las plantas parentales son genéticamente especiales. Sin embargo, esta ganancia esperada no siempre se obtiene con eucaliptos y no siempre con la mayoría de las especies forestales, porque generalmente una gran parte de la varianza no es aditiva.

Desde un punto de vista económico, debe recordarse que existe una gran variación en la capacidad de enraizamiento de los clones de una especie y puede darse el caso de que los individuos más productivos no puedan multiplicarse en su forma. efectivo (menos de la

ganancia máxima). Por esta razón, el costo de las plantas obtenidas mediante esquejes de enraizamiento varía ampliamente y, a menudo, es significativamente más alto que el costo de las plántulas. Por ejemplo, Shimizu (1988b) muestra que en las operaciones de producción de cultivos a gran escala en Brasil, los costos obtenidos al enraizar esquejes son de 5 a 10 veces más altos que los de las plantas convencionales producidas en bolsas o en tubos. correspondiente.

En resumen, decida utilizar opciones vegetativas o sexuales para la producción de cultivos de días cortos. en última instancia, dependerá de una evaluación económica. Esta evaluación debe considerar el beneficio genético esperado asociado a cada alternativa, su valoración económica y su relación con las inversiones en infraestructura y los costos operativos requeridos en cada caso. Solo entonces se realiza este análisis y se basa en la relación costo-beneficio. Es posible determinar qué método de propagación utilizar.

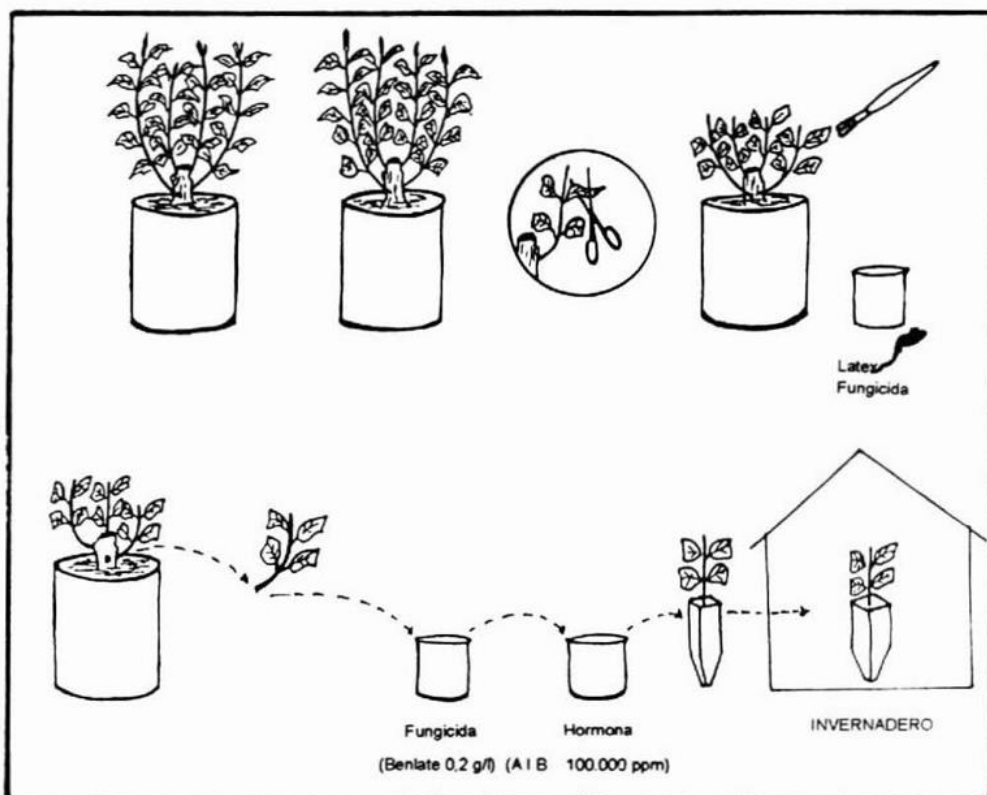
#### Cosecha e Instalación

Una vez que se acepta la propagación clonal como estrategia de mejoramiento, la evaluación y selección de la planta madre debe considerarse la primera actividad, La selección generalmente se realiza sobre la base de la expresión fenotípica de las plantas. Individual y considere al menos los siguientes rasgos:

- Crecimiento a masa
- Densidad de madera base Morfología
- Resistencia a plagas y enfermedades
- Posteriormente, rebrote del tocón, calidad de brotes producidos Se evaluó la emergencia y enraizamiento de estacas (Cañas, 1990; Celbi, 1982).

En esta etapa, la selección es a menudo muy intensa y, por lo general, solo se seleccionan plantas de la segunda o superior para cumplir plenamente con las restricciones impuestas para lograr la etapa de propagación grande (Celbi, 1982).

Según Polls y Polls (1986), el intervalo desde la selección de plantas hasta su uso en plantaciones industriales de los clones probados es de al menos 5 años.



Cosecha de Esqueje e Instalación

### 3.4.6 VÍA INJERTO

Esta opción tiene la ventaja de mantener el ortet, pero a cambio necesita un procesamiento más intensivo e intensivo para cumplir con la movilización.

Existen diferentes políticas de acoplamiento, con buenos resultados obtenidos con la técnica del gap. Esto requiere hacer una incisión en el extremo superior del patrón e insertar un alfiler de bisel en esa ranura. Se hicieron muestras en un invernadero y se cortaron a una altura en la que la sección transversal de la varilla fuera equivalente a la de la varilla utilizada. Por su parte, las púas se extraen del ortet en invierno, zonas de crecimiento claramente activo.

Las plantas injertadas se mantuvieron en el invernadero hasta las pruebas de adherencia estándar (aproximadamente 15 días) y el desarrollo de las yemas (aproximadamente 30 días).

### 3.4.7 PREPARACIÓN PARA LA ESTACA

El objetivo de este paso es procesar las primeras muestras de la ortetilla seleccionada, obtenidas durante la fase de movilización. Su objetivo es obtener nuevos clones vegetativos de jóvenes que sean mayores, más receptivos y estén listos para la siguiente etapa o para una gran multiplicación (Chaperon 1983). En resumen, durante este período, la planta madre se utilizará en la propagación a gran escala de la planta seleccionada a producir. Además, durante este período, todos los clones que sean difíciles de enraizar o que tengan un porcentaje de enraizamiento inferior a un mínimo predeterminado, normalmente el 70%, serán retirados temporalmente del proceso de producción en masa. Según Potts y Potls (1986), las especies clonales de este tipo representan alrededor del 50% de todos los ortetos movilizados. Esta remoción no es definitiva, ya que por las características favorables de estas plantas no se recomienda removerlas, por lo que es preferible estudiar con más detalle un procedimiento que permita un enraizamiento más eficiente.

Este paso del proceso tiene diferentes características dependiendo de si el clon se ha movilizado mediante injerto o volteado de árboles.

Propagación preparatoria después de la movilización por rotación

El enraizamiento de los chupones permite obtener clones jóvenes idénticos a los de ortodoncia. Estos clones generalmente están bien enraizados, por lo que el enraizamiento de esquejes obtenidos de las primeras copias vegetativas producirá excelentes plantas madre para la posterior propagación necesaria para la replicación masiva del árbol seleccionado.

Este tipo de propagación da los mejores resultados, ya que el porcentaje de raíces mejora de generación en generación, debido al rejuvenecimiento paulatino que se produce con sucesivos enraizamientos y se mejora aún más siempre que se seleccione en cada generación como de mejor calidad. planta madre.

Propagación preparatoria después de la movilización por injerto.

En esta situación, las plantas seleccionadas están representadas por injertos en los que las mazorcas han sufrido algún proceso de rejuvenecimiento. Esta regeneración es pequeña y muy rápida, por ello los brotes que se desarrollan en el injerto no son un buen material para enraizar esquejes y es necesario iniciar el rejuvenecimiento del clon. El rejuvenecimiento se puede lograr mediante injertos en serie o mediante estimulación regenerativa.

#### 3.4.8 INDUCCIÓN DE BROTES

Este método, como el anterior, no induce un rejuvenecimiento completo del clon y aunque es capaz de enraizar. Esto es difícil y los esquejes enraizados pueden no mostrar un buen crecimiento.

El procedimiento inicial de la planta madre, en este caso, fue cortar el injerto 15 cm por encima del punto de unión del motivo, para producir nuevos brotes. La poda se realiza a principios de primavera, después de 1 a 2 años se desarrolla el injerto. El proceso finaliza con el enraizamiento de nuevos brotes que comienzan en la planta.

#### 3.4.9 PROPAGACIÓN MASIVA

En esta etapa, el árbol seleccionado se reproduce a gran escala, con el fin de tener suficientes clones para establecer plantaciones industriales y organizar ensayos clónales. La técnica utilizada es la denominada propagación "por etapas" o propagación sucesiva sobre estacas. Se trata de recrear las plantas madre creadas en la fase de prepropagación mediante el enraizamiento y luego el uso de estas plantas madre enraizadas como plantas madre de una nueva generación. Repite el proceso varias veces.

En esta etapa, es importante no propagar plantas que se encuentran agotadas debido a la sobreexplotación del material, así como descartar inmediatamente las estacas con raíces pobres, para evitar introducir líneas que sean capaces de producir raíces en el clon.

Las plantas madres se pueden manejar en un área especialmente acondicionada para este fin, o se les puede mantener dentro del invernadero bajo las mismas condiciones usadas para el enraizamiento (Chaperon, 1983).

Los brotes de la planta madre se pueden recolectar cortando la planta a unos centímetros del suelo, para obtener brotes podados que permitan un crecimiento equilibrado de solo de ellos por planta, o extrayendo los brotes de aun por encima de su primer par. hojas, para inducir a este nivel la formación de 2 nuevos brotes, y formar gradualmente una barrera de dosel con la planta madre.

La rotación de los esquejes de la planta madre debe ser lo más corta posible, eliminando los brotes tan pronto como hayan alcanzado un nivel de crecimiento adecuado para la propagación por esquejes. Esta vez es muy cambiante.

Chaperon (1983) sostiene que 2 meses después de haber puesto la estaca a enraizar, ya está disponible para colectar de ella material para una nueva estaca. Heth et al. (1986) afirman que se requieren cerca de 6 meses de crecimiento y podas para desarrollar tallos vigorosos y comenzar la producción de brotes uniformes para generar nuevas estacas. Por su parte, Cauvin (1982) determina que el tiempo optimo es de 2 a 3 meses, para producir estacas que enraícen bien.

La metodología empleada para confeccionar las estacas e inducir las al enraizamiento presenta algunas variaciones, aunque las consideraciones principales ya están establecidas y se encuentran ampliamente comentadas en la bibliografía, existiendo una detallada descripción en Ipinza y Gutiérrez (1992).

#### 3.4.10 ENSAYOS CLONALES

La etapa final en la caracterización de este procedimiento es establecer ensayos de clones, de los cuales se pueden extraer algunas consideraciones para la posterior clonación comercial.

Las pruebas consisten en demostrar la superioridad de genotipos seleccionados, estableciéndolos a nivel de prueba en una variedad de sitios, los genotipos deben ser representativos de las condiciones que uno esperaría al usar estos clones a gran escala. Las pruebas de clonación se realizaron utilizando métodos de estimación estadística,

donde, además de los clones, se pretendía un control para las plantas obtenidas a partir de semillas para uso comercial.

#### 3.4.11 PENSAMIENTO CRITICO SOBRE EL USO DE LA CLONACIÓN VEGETATIVA

La aplicación extensiva e intensiva de la silvicultura clonal implica un análisis cuidadoso de los posibles beneficios y riesgos involucrados. La selección de plantas superiores para su posterior propagación reducirá la base genética, lo que conducirá a una menor capacidad de respuesta a los cambios ambientales, así como a una menor capacidad de adaptación a los requisitos del medio ambiente. Otro fenómeno también cobra importancia en este tipo de plantaciones, tanto en Chile como en otros países, esa es la posibilidad de ser atacado por plagas, de organismos nativos y exóticos. En principio, El uso de plantaciones clónales tiene como objetivo formar poblaciones de alto rendimiento, mejorar la calidad de la madera y sus productos, mejorar la uniformidad forestal, criar híbridos productivos entre especies. Aumentar la productividad de las plantaciones en áreas con limitaciones específicas, multiplicando enfermedades y plagas. Los individuos resistentes y al aumentar la tasa de brotación de los tocones, tanto como materia prima, pueden utilizarse para esquejes y manejo de arbustos (De Assis, 1986).

#### 3.4.12 ASPECTOS FITOSANITARIOS

Los éxitos alcanzados por los árboles de eucalipto están más allá de su área de distribución natural actual. Parte de la razón es la falta de sitios para plantar, de una variedad de enfermedades y plagas, que abundan en su hábitat natural. Por otro lado, el riesgo derivado de la aparición de determinadas plagas se ve incrementado por la ausencia de agentes de control natural y biológico en poblaciones nativas, lo cual no es común en los lugares donde se introducen eucaliptos. Esta situación merece especial atención en el caso de plantaciones clónales, que por su escaso o reducido potencial genético pueden ser susceptibles de ser destruidas por agentes destructivos.

De los factores bióticos y abióticos en primer plano.

En Nueva Zelanda, *E. globulus* es extremadamente sensible a *Paropsis charybdis*

(Coleoptera: Chrysomelidae), que ha ralentizado la entrada en la producción tanto de E. glóbulos como de E. mites.

### 3.5 MÉTODOS DE CONTROL GENÉTICO

Las plantaciones de eucalipto monoclonales (compuestas por un solo linaje) son menos susceptibles a plagas y enfermedades cuando se utilizan clones de rotación cortos. El daño causado por los agentes bióticos depende del tamaño de la población en la que operan. Deben utilizarse pequeñas plantaciones que formen un clan, favoreciendo los mosaicos monoclonales en lugar de una mezcla de clones individuales.

Si una copia individual es atacada, puede reconocerse fácilmente en la celda, eliminarse y reemplazarse. Este método de manejo es más costoso, ya que la identificación de los clones debe mantenerse en la plantación, aunque por otro lado los beneficios que se obtienen de un mejor uso del sitio con clones menos susceptibles serán mayores. En los programas de mejoramiento genético más avanzados, se pueden colocar clones específicos en las ubicaciones más apropiadas. Si hay una variación significativa en el microsítio, se puede elegir una combinación clonal, que puede ser más eficaz. Las plantaciones poliploides son genéticamente más diversas que las monoclonales, es decir, están mejor protegidas frente a cambios ambientales adversos, pero por otro lado, el valor medio de las características económicas de las mismas es menor.

En cualquier programa de producción clonal, se debe mantener la variación para adaptarse a las diferentes condiciones ambientales con las características específicas de cada clan. Por esta razón, es necesario tener una gran cantidad de copias en una biblioteca espejo, incluso si solo se considera una pequeña cantidad en un programa de producción.

Como algunos clones son eliminados de estos programas, otros deben ser incorporados. Eventualmente, estas nuevas adiciones llegarán de generaciones de producción avanzadas, por lo tanto, se deben establecer reglas para controlar el número de clones y de rametos por clan que aseguren la diversidad genética apropiada (Reuter, 1983).

Martin (1987) en Aracruz, establece que en varios clones e híbridos existen grandes diferencias con respecto a la sensibilidad a plagas y enfermedades.

Por esta razón, es muy conveniente clasificar todas las líneas desde las más sensibles a las menos vulnerables para elegir. En algunos casos, las plantaciones jóvenes son más susceptibles a los ataques, menos susceptibles a las enfermedades que en la etapa adulta. Es difícil medir la susceptibilidad de un clon al ataque de patógenos cuando ocurre en áreas pequeñas y dispersas; las pruebas de campo son necesarias pero difíciles de realizar y difíciles de interpretar. La disposición geográfica de los clones es muy importante para el grado de ataque. Hoy en día existen tecnologías, como la selección temprana, que permiten obtener estimaciones de la eficiencia del invernadero. Estas estimaciones serán más precisas en la medida en que exista una buena correlación entre juveniles y adultos de los genotipos estudiados.

El número apropiado de clones a usar dependerá de la especie, la longitud de la rotación, las características del sitio, la pureza genética y la variación y amplitud de adaptabilidad dentro del clon (Zobel, 1992).

### 3.5.1 DETERMINACIÓN DEL MATERIAL SUPERIOR

Antes de iniciar un programa a gran escala, debe asegurarse de que el material mantendrá su primacía desde el inicio hasta la cosecha. Gran parte del éxito o fracaso en esta área se debe principalmente a la maduración de los tejidos utilizados en la propagación vegetativa. El dominio de las técnicas de replantación permitirá la incorporación efectiva de este material en los programas de silvicultura clonal.

La evaluación precoz del material propagado implica un gran riesgo en aquellos individuos seleccionados que no mantienen la superioridad al final de la rotación. Para minimizar los riesgos de esta evaluación y selección tempranas, se sugiere usar poblaciones adaptadas, mantener una alta variación genética combinada con una selección recurrente, seleccionar bajo condiciones de campo típicas y reducir el espacio de plantación (Kleinschmit y Schmidt, 1977).

Con el conocimiento presente de las tecnologías de enraizamiento, el problema de la poca aptitud rizogénica de algunos genotipos de *E. globulus* puede ser superado en la medida que exista un esfuerzo de investigación. La única forma de hacer la madera más uniforme es a través de la propagación clonal (Zobel, 1988).

Los resultados alentadores de la propagación vegetativa y rejuvenecedora de *E. globulus*, permiten el acceso a cultivos clonales muy intensivos de los individuos más productivos. Una practica muy habitual en el uso de arboles superiores es la selección de individuos plus o lideres y emplearlos para las plantaciones masivas. El comportamiento de estos individuos es una respuesta al efecto combinado de las características genéticas de los árboles. de la calidad del medio ambiente y de la interacción entre estos. Por lo tanto, no necesariamente los individuos propagados tendrán el mismo comportamiento (Shimizu, 1988).

### 3.5.2 ENRAIZAMIENTO

Para obtener un enraizamiento completo de los esquejes, es necesario establecer un invernadero con condiciones que permitan alcanzar tres factores principales:

- a) actividad fotosintética reducida (sombra general de saran)
- b) humedad relativa alta (> 80%) y buen manejo del estrés hídrico
- c) temperatura ambiente de 30 a 35°C (con la instalación de un túnel de plástico transparente debajo del saran).
- d) La estructura del invernadero debe ser lo más simple y funcional posible.

### 3.5.3 SUSTRATO PARA ENRAIZAMIENTO

Los esquejes enraizados requieren un sustrato especial para este propósito. Esto depende principalmente de la disponibilidad de un sistema de riego y de si es deseable transferir nuevas plántulas al sitio de plantación con el mismo medio de enraizamiento. Si no tiene un sistema de riego automático por aspersion, debe usar un sustrato que pueda retener la humedad. En particular, debe utilizar suelo arenoso (50:50), suelo puro o bolitas, bolitas o tabletas de arroz de 10 pulgadas. La bandeja de plástico de la unidad 98128 funciona bien con arena, pero el sistema de raíces está enrollado, por lo que los esquejes sobrevivientes deben trasplantarse después de aproximadamente 3 semanas. Esto significa que las estacas enraizadas no se pueden llevar al campo de la bandeja, sino a otras macetas como bolsas de plástico, gránulos u otra opción deseable.

### 3.5.4 RIEGO EN INVERNADERO

El riego en el invernadero debe ser preferiblemente nebulizado y automático. Si está trabajando con bandejas de plástico y un sustrato arenoso, un programa de riego razonable debe ser humedecer aproximadamente tres veces al día, con una duración de un minuto cada vez. En días extremadamente soleados, calurosos o ventosos, se debe aumentar la frecuencia de riego (hasta 5 veces al día). En días lluviosos con alta humedad relativa, la frecuencia de riego debe reducirse a una vez al día o posiblemente a días alternos. Esto es para eliminar el exceso de humedad del medio de enraizamiento. En ausencia de un sistema de riego, se aplica manualmente con una bomba de mochila. Si el enraizamiento es en forma de gránulos, la cantidad de agua debe reducirse significativamente, hasta 1 riego / día con un tiempo de 30 segundos a 1 minuto. Alternativamente, una bomba de mochila es una opción si falla el sistema de riego automático, humidificando generosamente cada bandeja en aproximadamente 10 a 20 segundos.

- En la naturaleza, muchas especies forman raíces espontáneas sin cortar o separar el tallo de la planta madre.

Ejemplo: maíz: raíces en la base de los entrenudos

Ficus benjamín: raíces aéreas en las ramas internas

- En algunas especies se han formado raíces que permanecen dentro del tallo hasta que se cortan Ejemplo: Sauce, hortensia, Álamo, jazmín.

### 3.5.5 PROCESO DE FORMACIÓN DE RAÍCES EN COSECHA DE ESTACAS

La formación de raíces es un proceso interno.

#### PROCESO ENDOGENO

- Suele producirse a partir de la multiplicación radial de células meristemáticas secundarias.
- El origen de las raíces puede estar en la yema, en los nudos, en los entrenudos o en la base de una estaca (área de corte).

- Formación de placas necróticas (mandarina) en la zona de corte de la estaca como un todo. Mecanismo que evita que el material se seque.
- Un grupo de células detrás de la región hendida se divide y forma el parénquima (callo)
- Se forman protozoos de la raíz en las células cercanas al cámbium y al floema.
- Crecimiento y emergencia de nuevas raíces, incluida la ruptura de otros tejidos del tallo.
- Formación de conexiones vasculares (xilema y floema) en tejido recién formado.



Clon de Eucalipto enraizado

#### Claridad

Ésta es la orientación correcta de las puntas de las estacas al plantarlas y en relación con su posición con respecto al punto donde se unen las raíces y los tallos de la planta madre.

- En esquejes de tallo: brote en el extremo distal y raíz en el extremo proximal.
- En esquejes de raíz: raíz en el extremo distal y brote en el extremo proximal.
- En montones de hojas: No tienen postes. Las raíces y los tallos provienen del mismo lugar.

Selección del material para estacas

Condición fisiológica de la planta madre

- Factor de juvenilidad
- Tipo de madera seleccionada
- Presencia de virus
- Época del año en que se hace la estaca

Reguladores de crecimiento en la propagación por estacas auxinas

- AIA , producido por la planta
- AIB, ANA son compuestos sintéticos de acción auxínica

Citoquininas

- Zeatina, kinetina y bencil adenina
- Promueven el crecimiento de yemas y brotamiento
- Especies de plantas que muestran alta concentración de citoquininas son más difíciles de enraizar
- Aplicación de citoquininas en etapa posterior a la formación de raíces ya no inhibe el crecimiento de las mismas
- Aplicaciones en bajas concentraciones en estacas de hoja no inhiben la formación de raíces
- Citoquininas tiene más influencia en el desarrollo y diferenciación de órganos, más que en la proliferación de raíces.
- En estacas de raíz determina la formación de brotes de yemas

## Giberelinas

- Promueve la elongación celular
- Efecto antagónico con las auxinas
- Inhibe la formación de raíces, bloquea el proceso de división celular
- Acción inhibitoria es menor o nula a bajas concentraciones

## Acido abscisico

- No usar en enraizamiento de estacas
- RESULTADOS CONTRADICTORIOS

## Etileno

Aparente relación con la presencia de auxinas, pero ,mecanismo no ha sido suficientemente investigado. (No recomendado para el enraizamiento de estacas ya que ah sido poco estudiado)

## Efecto de yemas y hojas en el enraizamiento

- Estacas sin por lo menos una yema, no forma raíces, aún cuando se apliquen auxinas.
- Yemas no sólo movilizan auxinas sino otros compuestos endógenos llamados cofactores de enraizamiento
- Cofactores no han sido totalmente identificados y menos aislados, siendo una barrera o limite para la propagación por estacas
- Algunos compuestos postulados como cofactores: terpenoides oxigenados, compuestos fenólicos, acido clorogénico, ácido abscísico

Factores ambientales que afectan el enraizamiento

Condición fisiológica de la planta madre

- Factor de juvenilidad
- Presencia de virus
- Tipo de madera seleccionada
- Época del año en que se hace la estaca

Tratamiento de las estacas

- Reguladores de crecimiento
- Nutrientes minerales disponibles después de la formación de raíces
- Fungicidas
- Etiolación, lesionado

Condiciones ambientales durante el enraizamiento

- • Agua
- • Luz: Intensidad, longitud del día, calidad de luz
- • Temperatura
- • Sustrato o medio de enraizamiento

### 3.5.6 TIPOS DE ESTACA

Estacas de Hojas

Especies herbáceas perennes, de tallos conspicuos, por lo general de hojas suculentas. La planta hija crece a partir de tallos y raíces nuevos que se originan de los meristemas primarios o secundarios.

*MERISTEMA PRIMARIO*: grupos de células embrionarias en activa división, por ejemplo; Bryophyllum, Kalanchoe

*MERISTEMA SECUNDARIO*: Grupos de células que se han diferenciado de un tejido maduro y que han vuelto a su condición meristemática, Ejm: Begonia rex, violeta africana, Sansevieria, Crassula.

#### Estaca de raíz

La formación de yemas ocurre a partir del periciclo, cerca del cambium vascular, en raíces viejas pueden originarse a partir del felógeno, en forma exógena. Las plantas que presentan quimeras no deben propagarse por estacas de raíz, porque se pierde la característica.

Las estacas de raíz funcionan mejor a partir de:

- Raíces jóvenes.
- Material tomado de plantas propagadas por semilla botánica.

#### Estaca de tallo

Son las más comunes y utilizadas mayormente en jardinería.

En especies de fácil enraizamiento se pueden hacer estacas durante todo el año y de diferentes partes del tallo. Ejemplo: la mayoría de especies usadas para cercos vivos (mioporum, granado, falso abutilón, lantana, sauce, etc), especies de jardín (ficus benjamín, caucho, morera, geranios, cucardas, cortón, scheffleras, etc). Se pueden clasificar de acuerdo a la consistencia del tallo en: leñosas, semileñosas, herbáceas y esquejes o puntas.

De acuerdo al estadio fisiológico pueden ser juveniles o maduras.

De acuerdo a la posición en la planta pueden ser basales, intermedias o superiores. De acuerdo a la orientación del tallo puede ser plagiotrópica u ortotrópica.

## Preparación para el corte y confección de estacas

La identificación de esquejes/estacas es uno de los aspectos más importantes de todo el proceso, ya que nunca se debe mezclar material de diferentes clones. Por tanto, es recomendable establecer una organización de personal y materiales (balde, pellets, bandejas, etc.), para asegurar que el material de cada línea se manipule de forma independiente e identificada con precisión durante todo el proceso.

## Protección vegetal

Dado que la mayoría de los tratamientos químicos se llevan a cabo mediante pulverización, describiremos brevemente estos dispositivos. Lo que todos tienen en común es un tanque para contener la mezcla, una bomba manual o motorizada para proporcionar suficiente presión y una boquilla.

Ordenador portátil. El dispositivo más utilizado es un pulverizador con carcasa, que casi siempre es de plástico para hacerlo más ligero y resistente a la corrosión; La bomba es operada por una palanca manual.

También existen máquinas de inyección motorizadas, con una capacidad de 100 litros, que son muy pesadas y por lo tanto deben moverse sobre ruedas.

Por último, existen dispositivos que se alimentan con la potencia de un tractor pequeño de mayor capacidad, de 400 a 500 litros.

Instalación fija. Son adecuados para grandes explotaciones. El sistema de bombeo y los tanques permanentes se ubican en el exterior del invernadero y un sistema de tuberías transporta la mezcla a los puntos de tratamiento. El sistema es muy práctico ya que evita el transporte de soluciones y también permite el acceso a cualquier parte del invernadero mediante simples conexiones donde sea necesario.

## Crecimiento y Despacho

Para este período, el tiempo máximo transcurrido es de meses y deben estar disponibles bandejas enraizadas. Dependiendo del producto y del tamaño de la granja, se puede encontrar en el mercado una amplia variedad de equipos para las condiciones de

clasificación y producción. Para retirar los productos hortícolas del invernadero, debe usar una carretilla o un remolque simple si tiene un tractor. Incluso en algunas granjas grandes, el transporte se realiza por carretera o por aire.

Ya a este nivel el esqueje/estaca, ya paso su fase de crecimiento y esta lista para ser despachada al destino correspondiente.

## CAPITULO VI: BENEFICIOS AMBIENTALES Y FORESTALES.

### 4.1 CLONACIÓN PARA EL MEDIOAMBIENTE

La idea de clonarlos fue seguida por la idea de recrear bosques nativos perdidos. "El bosque ancestral es el más eficaz para restaurar el medio ambiente, limpiarlo ... Y la principal función ambiental que realizan los árboles es absorber el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), principal causante del calentamiento global".

A través de excursiones en los bosques de América, este experto y sus asociados, incluido su hijo, han estado recolectando ADN de plantas desde la década de 1990. Recolectaron tocones y brotes jóvenes, recogiendo restos de árboles y parece que faltan biomarcadores. Luego, en el laboratorio, se les asignó la tarea de criarlos utilizando métodos de clonación como la micropropagación, en los que pequeñas porciones de plantas se alimentan con hormonas sintéticas para obtener muestras de organismos genéticamente idénticos.

Es en este sentido que el proyecto ha suscitado objeciones: hay quienes sostienen que los ejemplares viejos no son los más idóneos para ser multiplicados genéticamente y que los ejemplares se copian fuera del laboratorio, pues los experimentos no brindan una protección adecuada contra las enfermedades. , insectos o insectos dañinos deambulan libremente por los árboles en el bosque.

Además, otros expertos creen que las especies extintas o en peligro simplemente cumplen con un estándar de la naturaleza: la supervivencia de las más saludables.

Este concepto se a rechazado , basándose en la idea de que gran parte de la actividad de las plantas y los animales en los últimos tiempos ha sido influenciada por el ser humano y sus efectos nocivos sobre el medio ambiente.

“Sin el cambio climático y la deforestación, muchas de estas plantas no habrían desaparecido. Por eso tienen que ser rescatados y a su propio nivel pueden trabajar juntos para reparar el daño ”.

La multiplicación de plantas juega un papel importante en la conservación de especies. Para ello se utilizan diferentes métodos de propagación, sexual (semillas) o asexual (esquejes, injertos, etc.).

Para una dimerización exitosa, se debe considerar lo siguiente; especie, por lo que sabremos la fecha de cosecha de la semilla o esquejes; administrador o tutor de semillas; condiciones de germinación o enraizamiento; programa de riego; fertilización; y actividades de desarrollo de plántulas.

En general, las especies nativas se propagan por semilla o esquejes, con tiempos de germinación que varían de 5 a 120 días y de enraizamiento de 5 días a un año. En comparación con la tasa de germinación, esta tasa varía según la especie y los valores oscilan entre el 30,5%. Finalmente, la duración del trasplante generalmente varía de 5 meses a un año.

Asimismo, en Greenpeace se opone firmemente a la liberación de especies nativas genéticamente modificadas, sin la debida investigación debido a que se desconoce su impacto tanto a corto como a largo plazo en el medio ambiente, así como en la salud humana. Esto puede tener efectos inesperados e impredecibles, como la contaminación genética en un intento desesperado por encontrar su propagación, cuya propagación no se puede controlar ni contener.

El fitomejoramiento juega un papel importante en la conservación de especies. Para ello se utilizan diferentes métodos de propagación, sexual (semillas) o asexual (esquejes, injertos, etc.).

Para una dimerización exitosa, se debe considerar lo siguiente; especie, por lo que sabremos la fecha de cosecha de la semilla o esquejes; administrador o tutor de semillas; condiciones de germinación o enraizamiento; programa de riego; fertilización; y actividades de desarrollo de plántulas.

En general, las especies nativas se propagan por semilla o esquejes, con tiempos de germinación que varían de 5 a 120 días y de enraizamiento de 5 días a un año. En

comparación con la tasa de germinación, esta tasa varía según la especie y los valores oscilan entre el 30,5%. Finalmente, la duración del trasplante generalmente varía de 5 meses a un año.

### Especies Nativas y su método de propagación

Especies	Método de propagación	Tratamiento pregerminativo	Tiempo de germinación o enraizamiento	Porcentaje de germinación	Tiempo de Trasplante	Fuente
Araucaria <i>Araucaria araucana</i> (Molina) K. Koch	Semilla	Sin tratamiento Estratificación	961 días 90 a 120 días	88%	5 a 8 meses	Alvarado y Levet, 2014
Arrayán <i>Luma apiculata</i> (DC) Burret.	Semilla Estaca	Maceración en agua	35 - 65 días	60%	1 año	Vidal y Rojas, 2014 Alvarado y Levet, 2014
Avellano <i>Gevuina avellana</i> Mol	Estaca Semilla	No requiere	Inmediata	60%-90%	1 año	Vidal y Rojas, 2014 García, E, 2016
Boldo <i>Peumus boldos</i>	Semilla	Utilización AG	6 meses	34%	1 a 2 años	Silman, Gestion forestal
Canelo <i>Drimys winteri</i> J.R. Forst. & G. Forst.	Estaca Semilla	Estratificación	1 año para enraizar 90 – 110 días	60	1 año 2 años	Vidal y Rojas, 2014 Alvarado y Levet, 2014
Ciprés de la cordillera <i>Austrocedrus chilensis</i> (D.Don) Pic.Sem. & Bizzarri	Semilla Estaca	Estratificación	2-3 semanas 2 y 3 meses	75% - 80%	1 año	García, 2016 Hechenleitner, 2005
Ciprés de las Guaitecas <i>Pilgerodendron iviferum</i> (D. Don) Florin	Estaca Semilla	Estratificación	8 meses para enraizar 6-8 semanas	70%	1 año	Vidal y Rojas, 2014 Hechenleitner, 2005
Coigüe <i>Nothofagus dombeyi</i> (Mirb.) Oerst.	Semilla Estaca	Estratificación Utilización AG	12-15 días	3% (ST)* 24%-45% (CT)**	1 año	García, 2016 Alvarado y Levet, 2014
Maiten <i>Maytenus boaria</i> Molina	Semilla	Escarificación	90 días	60% - 90%		Alvarado y Levet, 2014
Molle <i>Schinus molle</i> L.	Semilla	Escarificación	20-35 días	64%		Alvarado y Levet, 2014

Especies	Método de propagación	Tratamiento pregerminativo	Tiempo de germinación o enraizamiento	Porcentaje de germinación	Tiempo de Trasplante	Fuente
Peumo <i>Cryptocarya alba</i> (Molina) Looser	Semilla Estaca	No requiere	20 días	95%		García, E, 2016 Alvarado y Levet, 2014
Quillay <i>Quillaja saponaria</i>	Semilla	No requiere Remojo en agua	30,8 días	90 95,2		García, E, 2016
Roble <i>Nothofagus obliqua</i> (Mirb.) Oerst.	Semilla	Estratificación Utilización AG	20 a 25 días	20% - 40% 56% - 89 %		García, E, 2016 Alvarado y Levet, 2014

## 4.2 BENEFICIOS FORESTALES

La Fundación Greenpeace también se opone a esto teniendo en cuenta que las principales especies cultivadas en el mundo pueden propagarse vegetativamente por diferentes métodos, las posibilidades de desarrollo de la silvicultura clonal se multiplican. El área total de plantaciones globales es de aproximadamente 278 millones de hectáreas (*Payn et al., 2015*) con las áreas más grandes cubiertas por los géneros *Pinus* spp (pino) y *Eucalyptus* spp (eucalipto). Sin embargo, dependiendo de la región, las especies más utilizadas para la producción de madera y otros productos forestales varían: en los trópicos y subtrópicos predominan *Acacia* spp y *Eucalyptus* spp, al igual que *Tectona grandis* (teca) y *Gmelina arborea*. En climas mediterráneos y templados, las especies del género *Pinus* se cultivan con mayor frecuencia, junto con otras especies de los géneros *Eucalyptus* y *Populus*. Por otro lado, en climas más fríos también se cultivan especies de géneros *Pseudotsuga*, *Abies*, *Larix* y *Picea* (*Prado, 2015*). En Argentina, las plantaciones cubren un área de alrededor de 1.300.000 hectáreas, de las cuales *Pinus* spp y *Eucalyptus* spp son las principales especies plantadas, seguidas del sauce y el álamo (*Secretaría de Agroindustria de la Nación, 2018*). Potencialmente, plantaciones enteras pueden convertirse en plantaciones clonales, si se desarrollan métodos apropiados para cada especie.

En el mundo, además de la familia Salicaceae, ahora también se cultivan en mayor o menor medida especies de géneros como *Picea* spp, *Larix* spp, *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*, según un sistema clonal. Sin embargo, hay algunas variedades que ya son muy apreciadas y otras que tienen solo unos pocos años en el campo de la silvicultura clonal. Por ejemplo, la mitad de las plantaciones de *Eucalyptus* spp en Brasil, el país de forestación más grande del mundo, se realizan bajo un sistema clonal (*Wu, 2018*). Además, una de las especies que se considera la más común en el mundo para el establecimiento de plantaciones comerciales es la teca. En Brasil, en 2013, se plantaron alrededor de 60.000 hectáreas de teca principalmente en la parte sur de la región de Mato Grosso, lo que representa la mayor área de plantación de esta especie en América Latina. Las técnicas de propagación vegetativa han permitido el establecimiento de varias

plantaciones y el ensayo de plantas clonales de teca para evaluar su rendimiento (*Medeiros et al., 2015*). En países como Canadá, donde las coníferas son la principal especie comercial, las nuevas técnicas de clonación han demostrado ser una herramienta importante para multiplicar los genotipos de interés. La embriogénesis somática ha permitido el desarrollo de clones seleccionados para una aptitud determinada y probados en el campo. Además, han surgido plantaciones de clones múltiples, basadas en el establecimiento de plantaciones comerciales de clones múltiples (*Park et al., 2016*). Hasta hace algunas décadas, la silvicultura clonal en Argentina se limitaba a los álamos y sauces del delta del río Paraná, la región de Cuyo y el valle del Río Negro en la Patagonia, especies que se pueden multiplicar fácilmente mediante la alimentación. Actualmente, se han producido plantones clonados de eucalipto y pino, lo que ha permitido el avance del cultivo clonal en las principales cuencas forestales del país. Varias empresas e institutos de investigación en Argentina han desarrollado y / o introducido cepas de *Eucalyptus* spp para la reforestación costera. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) cuenta con 18 clones comerciales registrados en el Registro Nacional de Variedades Vegetales (RNC), donde también existen otros 3 clones registrados por el Registro Nacional de Semillas de empresas de la industria. En el caso de la familia Salicaceae, existen 19 líneas comerciales de helechos y 12 líneas de sauces (*Instituto Nacional de Semillas, 2020*). Mesopotamia representa el bosque sobresaliente del país, y las plantaciones de pinos son las más importantes, concentradas principalmente en las provincias de Corrientes y Misiones. Le siguen los eucaliptos, con predominio en la provincia de Entre Ríos. La silvicultura clonada en Mesopotamia es una práctica relativamente nueva que ha logrado grandes avances en los últimos 20 años. Se estima que las plantaciones de eucalipto de origen clonal representan el 20% del total, aunque actualmente no existen datos oficiales al respecto.

Teniendo en cuenta que las principales especies cultivadas en el mundo pueden propagarse vegetativamente por diferentes métodos, aumenta la posibilidad de desarrollo forestal clonal. El área total de plantaciones globales es de aproximadamente 278 millones de hectáreas (*Payn et al., 2015*) con las áreas más grandes cubiertas por los géneros *Pinus* spp (pino) y *Eucalyptus* spp (eucalipto). Sin embargo, dependiendo de la región, las especies más utilizadas para la producción de madera y otros productos forestales varían:

en los trópicos y subtropicos predominan *Acacia* spp y *Eucalyptus* spp, al igual que *Tectona grandis* (teca) y *Gmelina arborea*. En climas mediterráneos y templados, las especies del género *Pinus* se cultivan con mayor frecuencia, junto con otras especies de los géneros *Eucalyptus* y *Populus*. Por otro lado, en climas más fríos también se cultivan especies de los géneros *Pseudotsuga*, *Abies*, *Larix* y *Picea* (*Prado, 2015*). En Argentina, las plantaciones cubren un área de alrededor de 1.300.000 hectáreas, de las cuales *Pinus* spp y *Eucalyptus* spp son las principales especies plantadas, seguidas del sauce y el álamo (*Secretaria de Agroindustria de la Nación, 2018*). En términos de posibilidades, plantaciones enteras se pueden convertir en plantaciones clonales si se desarrollan métodos apropiados para cada especie.

En el mundo, además de la familia *Salicaceae*, ahora también se cultivan en mayor o menor medida especies de géneros como *Picea* spp, *Larix* spp, *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*, según un sistema clonal. Sin embargo, hay algunas variedades que ya son muy apreciadas y otras que tienen solo unos pocos años en el campo de la silvicultura clonal. Por ejemplo, la mitad de las plantaciones de *Eucalyptus* spp en Brasil, el país de forestación más grande del mundo, se realizan bajo un sistema clonal (*Wu, 2018*). Además, una de las especies que se considera la más común en el mundo para el establecimiento de plantaciones comerciales es la teca. En Brasil, en 2013, se plantaron alrededor de 60.000 hectáreas de teca principalmente en la parte sur de la región de Mato Grosso, lo que representa la mayor área de plantación de esta especie en América Latina. Las técnicas de propagación vegetativa han permitido el establecimiento de varias plantaciones y el ensayo de plantas clonales de teca para evaluar su rendimiento (*Medeiros et al., 2015*). En países como Canadá, donde las coníferas son la principal especie comercial, las nuevas técnicas de clonación han demostrado ser una herramienta importante para multiplicar los genotipos de interés. La embriogénesis somática ha permitido el desarrollo de clones seleccionados para una aptitud determinada y probados en el campo. Además, han surgido plantaciones de clones múltiples en el este de Canadá, basadas en el establecimiento de plantaciones comerciales de clones múltiples (*Park et al., 2016*). Hasta hace algunas décadas, la silvicultura clonal en Argentina se limitaba a los álamos y sauces del delta del río Paraná, la región de Cuyo y el valle del Río Negro en la Patagonia, especies que se pueden multiplicar fácilmente mediante la alimentación.

Actualmente, se han producido plantones clonados de eucalipto y pino, lo que ha permitido el avance del cultivo clonal en las principales cuencas forestales del país. Varias empresas e institutos de investigación en Argentina han desarrollado y / o introducido cepas de *Eucalyptus* spp para la reforestación costera. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria cuenta con 18 clones comerciales registrados en el Registro Nacional de Variedades Vegetales, donde también existen otros 3 clones registrados por el Registro Nacional de Semillas de empresas de la industria. En el caso de la familia Salicaceae, existen 19 líneas comerciales de helechos y 12 líneas de sauces (*Instituto Nacional de Semillas, 2020*). Mesopotamia representa el bosque sobresaliente del país, y las plantaciones de pinos son las más importantes, concentradas principalmente en las provincias de Corrientes y Misiones. Le sigue el eucalipto, que predomina en la provincia de Entre Ríos. La silvicultura clonada en Mesopotamia es una práctica relativamente nueva que ha logrado grandes avances en los últimos 20 años. Se estima que las plantaciones clonales derivadas de eucalipto representan un total de 20 l de los géneros *Pseudotsuga*, *Abies*, *Larix* y *Picea* (*Prado, 2015*). En Argentina, las plantaciones cubren un área de alrededor de 1.300.000 hectáreas, de las cuales *Pinus* spp y *Eucalyptus* spp son las principales especies plantadas, seguidas del sauce y el álamo. Potencialmente, plantaciones enteras pueden convertirse en plantaciones clonales, si se desarrollan métodos apropiados para cada especie.

#### 4.3 VENTAJAS

En el mundo, además de la familia Salicaceae, ahora también se cultivan en mayor o menor medida especies de géneros como *Picea* spp, *Larix* spp, *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*, según un sistema clonal. Sin embargo, hay algunas variedades que ya son muy apreciadas y otras que tienen solo unos pocos años en el campo de la silvicultura clonal. Por ejemplo, la mitad de las plantaciones de *Eucalyptus* spp en Brasil, el país de forestación más grande del mundo, se realizan bajo un sistema clonal (*Wu, 2018*). Además, una de las especies que se considera la más común en el mundo para el establecimiento de plantaciones comerciales es la teca. En Brasil, en 2013, se plantaron alrededor de 60.000 hectáreas de teca principalmente en la parte sur de la región de Mato Grosso, lo que representa la mayor área de plantación de esta especie en América Latina.

Las técnicas de propagación vegetativa han permitido el establecimiento de varias plantaciones y el ensayo de plantas clonales de teca para evaluar su rendimiento (Medeiros et al., 2015). En países como Canadá, donde las coníferas son la principal especie comercial, las nuevas técnicas de clonación han demostrado ser una herramienta importante para multiplicar los genotipos de interés. La embriogénesis somática ha permitido el desarrollo de clones seleccionados para una aptitud determinada y probados en el campo. Además, han surgido plantaciones de clones múltiples (MVF) en el este de Canadá, basadas en el establecimiento de plantaciones comerciales de clones múltiples (Park et al., 2016). Hasta hace algunas décadas, la silvicultura clonal en Argentina se limitaba a los álamos y sauces del delta del río Paraná, la región de Cuyo y el valle del Río Negro en la Patagonia, especies que se pueden multiplicar fácilmente mediante la alimentación. Actualmente, se han producido plantones clonados de eucalipto y pino, lo que ha permitido el avance del cultivo clonal en las principales cuencas forestales del país. Varias empresas e institutos de investigación en Argentina han desarrollado y / o introducido cepas de *Eucalyptus* spp para la reforestación costera. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) cuenta con 18 clones comerciales registrados en el Registro Nacional de Variedades Vegetales (RNC), donde también existen otros 3 clones registrados por el Registro Nacional de Semillas de empresas de la industria. En el caso de la familia Salicaceae, existen 19 líneas comerciales de helechos y 12 líneas de sauces (Instituto Nacional de Semillas, 2020). Mesopotamia representa el bosque sobresaliente del país, y las plantaciones de pinos son las más importantes, concentradas principalmente en las provincias de Corrientes y Misiones. Le sigue el eucalipto, que predomina en la provincia de Entre Ríos. La silvicultura clonada en Mesopotamia es una práctica relativamente nueva que ha logrado grandes avances en los últimos 20 años. Se estima que las plantaciones clonales derivadas de eucalipto representan un total de 201 de los géneros *Pseudotsuga*, *Abies*, *Larix* y *Picea* (Prado, 2015). En Argentina, las plantaciones cubren un área de alrededor de 1.300.000 hectáreas, de las cuales *Pinus* spp y *Eucalyptus* spp son las principales especies plantadas, seguidas del sauce y el álamo (Secretaría de Agroindustria de la Nación, 2018). Potencialmente, plantaciones enteras pueden convertirse en plantaciones clonales, si se desarrollan métodos apropiados para cada especie.

En el mundo, además de la familia Salicaceae, ahora también se cultivan en mayor o menor medida especies de géneros como *Picea* spp, *Larix* spp, *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*, según un sistema clonal. Sin embargo, hay algunas variedades que ya son muy apreciadas y otras que tienen solo unos pocos años en el campo de la silvicultura clonal. Por ejemplo, la mitad de las plantaciones de *Eucalyptus* spp en Brasil, el país de forestación más grande del mundo, se realizan bajo un sistema clonal (Wu, 2018). Además, una de las especies que se considera la más común en el mundo para el establecimiento de plantaciones comerciales es la teca. En Brasil, en 2013, se plantaron alrededor de 60.000 hectáreas de teca principalmente en la parte sur de la región de Mato Grosso, lo que representa la mayor área de plantación de esta especie en América Latina. Las técnicas de propagación vegetativa han permitido el establecimiento de varias plantaciones y el ensayo de plantas clonales de teca para evaluar su rendimiento (Medeiros et al., 2015). En países como Canadá, donde las coníferas son la principal especie comercial, las nuevas técnicas de clonación han demostrado ser una herramienta importante para multiplicar los genotipos de interés. La embriogénesis somática ha permitido el desarrollo de clones seleccionados para una aptitud determinada y probados en el campo. Además, han surgido plantaciones de clones múltiples (MVF) en el este de Canadá, basadas en el establecimiento de plantaciones comerciales de clones múltiples (Park et al., 2016). Hasta hace algunas décadas, la silvicultura clonal en Argentina se limitaba a los álamos y sauces del delta del río Paraná, la región de Cuyo y el valle del Río Negro en la Patagonia, especies que se pueden multiplicar fácilmente mediante la alimentación. Actualmente, se han producido plantones clonados de eucalipto y pino, lo que ha permitido el avance del cultivo clonal en las principales cuencas forestales del país. Varias empresas e institutos de investigación en Argentina han desarrollado y / o introducido cepas de *Eucalyptus* spp para la reforestación costera. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) cuenta con 18 clones comerciales registrados en el Registro Nacional de Variedades Vegetales (RNC), donde también existen otros 3 clones registrados por el Registro Nacional de Semillas de empresas de la industria. En el caso de la familia Salicaceae, existen 19 líneas comerciales de helechos y 12 líneas de sauces (Instituto Nacional de Semillas, 2020). Mesopotamia representa el bosque sobresaliente del país, y las plantaciones de pinos son las más importantes,

concentradas principalmente en las provincias de Corrientes y Misiones. Le sigue el eucalipto, que predomina en la provincia de Entre Ríos. La silvicultura clonada en Mesopotamia es una práctica relativamente nueva que ha logrado grandes avances en los últimos 20 años. Se estima que las plantaciones clonales derivadas de eucalipto representan un total de 20 l de los géneros *Pseudotsuga*, *Abies*, *Larix* y *Picea* (Prado, 2015). En Argentina, las plantaciones cubren un área de alrededor de 1.300.000 hectáreas, de las cuales *Pinus spp* y *Eucalyptus spp* son las principales especies plantadas, seguidas del sauce y el álamo (Secretaría de Agroindustria de la Nación, 2018). Potencialmente, plantaciones enteras pueden convertirse en plantaciones clonales, si se desarrollan métodos apropiados para cada especie.

En el mundo, además de la familia Salicaceae, ahora también se cultivan en mayor o menor medida especies de géneros como *Picea spp*, *Larix spp*, *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*, según un sistema clonal. Sin embargo, hay algunas variedades que ya son muy apreciadas y otras que tienen solo unos pocos años en el campo de la silvicultura clonal. Por ejemplo, la mitad de las plantaciones de *Eucalyptus spp* en Brasil, el país de forestación más grande del mundo, se realizan bajo un sistema clonal (Wu, 2018). Además, una de las especies que se considera la más común en el mundo para el establecimiento de plantaciones comerciales es la teca. En Brasil, en 2013, se plantaron alrededor de 60.000 hectáreas de teca principalmente en la parte sur de la región de Mato Grosso, lo que representa la mayor área de plantación de esta especie en América Latina. Las técnicas de propagación vegetativa han permitido el establecimiento de varias plantaciones y el ensayo de plantas clonales de teca para evaluar su rendimiento (Medeiros et al., 2015). En países como Canadá, donde las coníferas son la principal especie comercial, las nuevas técnicas de clonación han demostrado ser una herramienta importante para multiplicar los genotipos de interés. La embriogénesis somática ha permitido el desarrollo de clones seleccionados para una aptitud determinada y probados en el campo. Además, han surgido plantaciones de clones múltiples (MVF) en el este de Canadá, basadas en el establecimiento de plantaciones comerciales de clones múltiples (Park et al., 2016). Hasta hace algunas décadas, la silvicultura clonal en Argentina se limitaba a los álamos y sauces del delta del río Paraná, la región de Cuyo y el valle del Río Negro en la Patagonia, especies que se pueden multiplicar fácilmente mediante la

alimentación. Actualmente, se han producido plántones clonados de eucalipto y pino, lo que ha permitido el avance del cultivo clonal en las principales cuencas forestales del país. Varias empresas e institutos de investigación en Argentina han desarrollado y / o introducido cepas de *Eucalyptus* spp para la reforestación costera. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) cuenta con 18 clones comerciales registrados en el Registro Nacional de Variedades Vegetales (RNC), donde también existen otros 3 clones registrados por el Registro Nacional de Semillas de empresas de la industria. En el caso de la familia Salicaceae, existen 19 líneas comerciales de helechos y 12 líneas de sauces (Instituto Nacional de Semillas, 2020). Mesopotamia representa el bosque sobresaliente del país, y las plantaciones de pinos son las más importantes, concentradas principalmente en las provincias de Corrientes y Misiones. Le sigue el eucalipto, que predomina en la provincia de Entre Ríos. La silvicultura clonada en Mesopotamia es una práctica relativamente nueva que ha logrado grandes avances en los últimos 20 años. Se estima que las plantaciones clonales derivadas de eucalipto representan un total de 20 l de los géneros *Pseudotsuga*, *Abies*, *Larix* y *Picea* (Prado, 2015). En Argentina, las plantaciones cubren un área de alrededor de 1.300.000 hectáreas, de las cuales *Pinus* spp y *Eucalyptus* spp son las principales especies plantadas, seguidas del sauce y el álamo (Secretaría de Agroindustria de la Nación, 2018). Potencialmente, plantaciones enteras pueden convertirse en plantaciones clonales, si se desarrollan métodos apropiados para cada especie.

En el mundo, además de la familia Salicaceae, ahora también se cultivan en mayor o menor medida especies de géneros como *Picea* spp, *Larix* spp, *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*, según un sistema clonal. Sin embargo, hay algunas variedades que ya son muy apreciadas y otras que tienen solo unos pocos años en el campo de la silvicultura clonal. Por ejemplo, la mitad de las plantaciones de *Eucalyptus* spp en Brasil, el país de forestación más grande del mundo, se realizan bajo un sistema clonal (Wu, 2018). Además, una de las especies que se considera la más común en el mundo para el establecimiento de plantaciones comerciales es la teca. En Brasil, en 2013, se plantaron alrededor de 60.000 hectáreas de teca principalmente en la parte sur de la región de Mato Grosso, lo que representa la mayor área de plantación de esta especie en América Latina.

Las técnicas de propagación vegetativa han permitido el establecimiento de varias plantaciones y el ensayo de plantas clonales de teca para evaluar su rendimiento (*Medeiros et al., 2015*). En países como Canadá, donde las coníferas son la principal especie comercial, las nuevas técnicas de clonación han demostrado ser una herramienta importante para multiplicar los genotipos de interés. La embriogénesis somática ha permitido el desarrollo de clones seleccionados para una aptitud determinada y probados en el campo. Además, han surgido plantaciones de clones múltiples (MVF) en el este de Canadá, basadas en el establecimiento de plantaciones comerciales de clones múltiples (*Park et al., 2016*). Hasta hace algunas décadas, la silvicultura clonal en Argentina se limitaba a los álamos y sauces del delta del río Paraná, la región de Cuyo y el valle del Río Negro en la Patagonia, especies que se pueden multiplicar fácilmente mediante la alimentación. Actualmente, se han producido plantones clonados de eucalipto y pino, lo que ha permitido el avance del cultivo clonal en las principales cuencas forestales del país. Varias empresas e institutos de investigación en Argentina han desarrollado y / o introducido cepas de *Eucalyptus spp* para la reforestación costera. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) cuenta con 18 clones comerciales registrados en el Registro Nacional de Variedades Vegetales (RNC), donde también existen otros 3 clones registrados por el Registro Nacional de Semillas de empresas de la industria. En el caso de la familia Salicaceae, existen 19 líneas comerciales de helechos y 12 líneas de sauces (Instituto Nacional de Semillas, 2020). Mesopotamia representa el bosque sobresaliente del país, y las plantaciones de pinos son las más importantes, concentradas principalmente en las provincias de Corrientes y Misiones. Le sigue el eucalipto, que predomina en la provincia de Entre Ríos. La silvicultura clonada en Mesopotamia es una práctica relativamente nueva que ha logrado grandes avances en los últimos 20 años. Se estima que las plantaciones clonales derivadas de eucalipto representan un total de 20 l de los géneros *Pseudotsuga*, *Abies*, *Larix* y *Picea* (*Prado, 2015*). En Argentina, las plantaciones cubren un área de alrededor de 1.300.000 hectáreas, de las cuales *Pinus spp* y *Eucalyptus spp* son las principales especies plantadas, seguidas del sauce y el álamo (Secretaría de Agroindustria de la Nación, 2018). Potencialmente, plantaciones enteras pueden convertirse en plantaciones clonales, si se desarrollan métodos apropiados para cada especie.

En el mundo, además de la familia Salicaceae, ahora también se cultivan en mayor o menor medida especies de géneros como *Picea* spp, *Larix* spp, *Gmelina* arborea y *Tectona grandis*, según un sistema clonal. Sin embargo, hay algunas variedades que ya son muy apreciadas y otras que tienen solo unos pocos años en el campo de la silvicultura clonal. Por ejemplo, la mitad de las plantaciones de *Eucalyptus* spp en Brasil, el país de forestación más grande del mundo, se realizan bajo un sistema clonal (*Wu, 2018*). Además, una de las especies que se considera la más común en el mundo para el establecimiento de plantaciones comerciales es la teca. En Brasil, en 2013, se plantaron alrededor de 60.000 hectáreas de teca principalmente en la parte sur de la región de Mato Grosso, lo que representa la mayor área de plantación de esta especie en América Latina. Las técnicas de propagación vegetativa han permitido el establecimiento de varias plantaciones y el ensayo de plantas clonales de teca para evaluar su rendimiento (*Medeiros et al., 2015*). En países como Canadá, donde las coníferas son la principal especie comercial, las nuevas técnicas de clonación han demostrado ser una herramienta importante para multiplicar los genotipos de interés. La embriogénesis somática ha permitido el desarrollo de clones seleccionados para una aptitud determinada y probados en el campo. Además, han surgido plantaciones de clones múltiples (MVF) en el este de Canadá, basadas en el establecimiento de plantaciones comerciales de clones múltiples (*Park et al., 2016*). Hasta hace algunas décadas, la silvicultura clonal en Argentina se limitaba a los álamos y sauces del delta del río Paraná, la región de Cuyo y el valle del Río Negro en la Patagonia, especies que se pueden multiplicar fácilmente mediante la alimentación. Actualmente, se han producido plantones clonados de eucalipto y pino, lo que ha permitido el avance del cultivo clonal en las principales cuencas forestales del país. Varias empresas e institutos de investigación en Argentina han desarrollado y / o introducido cepas de *Eucalyptus* spp para la reforestación costera. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) cuenta con 18 clones comerciales registrados en el Registro Nacional de Variedades Vegetales (RNC), donde también existen otros 3 clones registrados por el Registro Nacional de Semillas de empresas de la industria. En el caso de la familia Salicaceae, existen 19 líneas comerciales de helechos y 12 líneas de sauces (Instituto Nacional de Semillas, 2020). Mesopotamia representa el bosque sobresaliente del país, y las plantaciones de pinos son las más importantes,

concentradas principalmente en las provincias de Corrientes y Misiones. Le sigue el eucalipto, que predomina en la provincia de Entre Ríos. La silvicultura clonada en Mesopotamia es una práctica relativamente nueva que ha logrado grandes avances en los últimos 20 años. Se estima que las plantaciones clonales derivadas de eucalipto representan un total de 20 l de los géneros *Pseudotsuga*, *Abies*, *Larix* y *Picea* (Prado, 2015). En Argentina, las plantaciones cubren un área de alrededor de 1.300.000 hectáreas, de las cuales *Pinus spp* y *Eucalyptus spp* son las principales especies plantadas, seguidas del sauce y el álamo (Secretaría de Agroindustria de la Nación, 2018). Potencialmente, plantaciones enteras pueden convertirse en plantaciones clonales, si se desarrollan métodos apropiados para cada especie.

Cabe señalar que los clones que son material seleccionado de programas de mejoramiento genético suelen ser muy avanzados. Por lo tanto, se espera que sean materiales de alto rendimiento. Sin embargo, no debe pasarse por alto la importancia del medio ambiente en la expresión de los genotipos, razón por la cual se puede encontrar material genético mejorado que no funciona bien en algunos lugares. Ante condiciones ambientales heterogéneas, los concentrados pueden proporcionar niveles más altos de diversidad genética, lo que permite que las poblaciones se adapten mejor al sitio y a la aparición de enfermedades o plagas. La silvicultura clónica ha mejorado el rendimiento promedio de las plantaciones de eucalipto en Brasil de 2.530 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año a 35 5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año durante las últimas tres décadas. Estas plantaciones se suelen realizar mediante la instalación de mosaicos mono-lineales (*Xavier y da Silva, 2010*). Algunas empresas han obtenido más del 25% de beneficio genético en términos de volumen en comparación con las plántulas de origen semilla cultivadas en el mismo sitio (Rezende et al., 201 ). Por otro lado, según los datos presentados por Pomera Maderas en Argentina, la empresa obtuvo una tasa interna de retorno (TIR) del 22% con el uso de clones de eucalipto frente al 16% obtenido en los clones de eucalipto. planeta. El incremento anual promedio (AIM) fue de 33 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año en plantaciones clonales y 27 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año en bosques semilleros (*Vargas, 2015*). Otras especies que son más pequeñas, pero de gran importancia comercial a nivel local y mundial, también han sido evaluadas en diferentes partes del mundo. En el caso de *Pinus radiata*, a partir de la generación de clones se pueden obtener ganancias genéticas adicionales, duplicando lo que se puede lograr con la silvicultura de semillas en la misma

generación. Empresas forestales como Forest Genetics, por ejemplo, estiman que las ganancias de las plantaciones clonales en Nueva Zelanda rondan el 15-20% (Wu, 2018). Además, según Medeiros et al., (2015), en pruebas instaladas para evaluar diferentes sistemas de producción de teca, las plantaciones clonales resultaron más productivas que las plantaciones de semillas, además el costo de trasplante es aproximadamente un 3% menor que la plántula. Los PFNM, como el cacao en la India, también pueden encontrar alguna ventaja en la clonación, para lograr rendimientos altos, uniformes y tempranos (Aphara, 2017).

#### 4.4 DESVENTAJAS

Las plantaciones clon se han desarrollado con el objetivo de obtener un rendimiento más uniforme y aprovechar al máximo el beneficio genético obtenido en los programas de mejora. La clonación es una herramienta mediante la cual los genotipos de los mejores individuos se capturan rápidamente y, por lo tanto, se maximiza la tasa de selección durante cada ciclo reproductivo (Meza et al., 2015). Por otro lado, es importante para la propagación de genotipos híbridos, que se obtienen de un cruce entre dos especies de interés. Un claro ejemplo de ello son los híbridos *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* que combinan las características de alta tasa de crecimiento de una especie con la calidad de las fibras de celulosa de la otra. Si bien se pueden obtener plantas de origen puro, a partir de la propagación vegetativa es posible multiplicar los mejores genotipos producidos a partir de estos cruces. Además, permite la selección de clones en sitios específicos para obtener los genotipos que mejor se adaptan a cada condición ambiental (Kumar, 2016). Por ejemplo, en Brasil, en los programas de mejoramiento genético y selección de clonación, existe una tendencia a desarrollar materiales específicos, tanto para adaptarse mejor a las diferentes condiciones climáticas y ambientales, En cuanto a la conservación de la biodiversidad, es una de las mayores preocupaciones de los organismos internacionales en la definición de políticas públicas, relacionadas con el uso de los recursos naturales y el control de los recursos naturales, las operaciones de producción se realizan en diferentes ambientes. Iniciativas internacionales como el Proceso de Montreal

y el Sistema de la Unión Europea se han centrado especialmente en la conservación de la biodiversidad en los ecosistemas forestales (*Castañeda, 2004*). A nivel comercial, también se han desarrollado mecanismos de certificación con el objetivo de compatibilizar los propósitos de producción con la conservación y / o mantenimiento de la biodiversidad (*Carnus et al., 2006*). Los sistemas forestales se diferencian de otros cultivos, especialmente de la agricultura extensiva, por el tiempo que están estrechamente relacionados con el medio en el que crecen. Condiciones climáticas adversas, la aparición de nuevas plagas y / o enfermedades, el desarrollo de procesos de erosión del suelo, entre otras, son algunas de las posibles situaciones a las que debe enfrentarse una plantación durante todo el ciclo de vida productivo. . Esto requiere una enorme estabilización de los ecosistemas forestales, que algunos autores asocian con la diversidad genética disponible en ellos. Según este razonamiento, cuanto más diverso es un sistema, más estable es en las situaciones antes mencionadas (*Hooper et al., 2005; Jactel et al., 2005; Park et al., 1998*). Esta diversidad genética es un componente importante de la biodiversidad, incluida la variación entre individuos de la misma especie, ya que existe variación funcional a nivel de genotipo y no solo de especie, lo que puede influir en las interacciones competitivas y el desarrollo de las plantas (*Benavides et al., 2018, Boyden et al., 2008*). Esta diversidad intraespecífica controla principalmente la adaptación o tolerancia a estreses bióticos o abióticos y juega un papel importante en el mantenimiento de la salud y la productividad de los bosques (*Carnus et al. Et al., 2006; Hamanishi et al., 2015*).

El establecimiento de plantaciones forestales monoclonales conlleva una drástica reducción de la diversidad genética del sistema, pero su implementación generalmente se justifica por la posibilidad de rendir más uniformemente en el tiempo y el espacio, así como por una producción potencial mayor. Sin embargo, a pesar de tener el mismo genotipo, las plantaciones monoclonales también difieren en las características de los árboles que las producen (*Binkley et al., 2010; Resende et al., 2018*), aunque en menor medida que con la forestación de origen refinado. Esto se debe a la interacción de cada individuo con el entorno y su relación competitiva por los recursos con sus vecinos (*Resende et al., 2016*). Un claro ejemplo de la diferencia que pueden mostrar dos individuos genéticamente idénticos ante diferentes condiciones ambientales es el llamado efecto borde. Las plantas que crecen en el borde de la plantación tienden a ser más grandes

y desarrollan más ramas que las que se encuentran dentro del medio de cultivo. Esto se debe a la mayor disponibilidad de luz y puede ocurrir en respuesta a otros estímulos ambientales como la disponibilidad de agua y / o nutrientes, o la presencia / ausencia de estrés.

El establecimiento de plantaciones monoclonales, junto con el uso de un número reducido de clones en las cuencas forestales, puede producir grandes áreas con una diversidad genética reducida. Aunque puede tener ciertas ventajas desde el punto de vista operativo, el uso de un solo clon elimina la posibilidad de usar el mejor genotipo para cada sitio. Además, conlleva riesgos de producción, ya que la aparición de enfermedades, plagas o condiciones climáticas extremas pueden tener efectos devastadores en toda la región (*Larjavaara, 2008; Park et al., 2016*). Por otro lado, los estudios cognitivos muestran que, en general, las plantaciones heterogéneas son mejor aceptadas por las comunidades que los sistemas homogéneos (*Ribe, 1989; Edwards et al., 2012; Felton et al., 2016; Filyushkina et al., 2016; Filyushkina et al., 2017, Almeida et al., 2018*). Las variables analizadas incluyeron composición del rodal, prácticas silvícolas como poda y aclareo, edad y tamaño de los árboles, uso de especies exóticas y diseño de sistemas forestales a escala de paisaje, entre otras (*Gundersen y Frivold, 2008*).

Por tanto, el modelo de bosque monoclonal tiene ciertas limitaciones no solo desde el punto de vista ecológico sino también desde el punto de vista productivo, pues según la hipótesis de zonificación de recursos (*Ammer, 2019; Grossiord, 2019*), países vecinos que son similares en sus necesidades o ecología tienen una mayor superposición en sus nichos ecológicos y menos oportunidades complementarias en el uso de recursos (*Héctor y Loreau, 2001*), lo que lleva a una competencia más intensa (*Boyden et al., 2008*). Esto puede indicar una menor disponibilidad de recursos y menores rendimientos de medios monoclonales en comparación con los medios policlonales (*Elferjani et al., 2014*).

El metanálisis fue realizado por *Jactel et al. (2005)* apoyan la teoría general de que los sistemas de monocultivo son más susceptibles al ataque de plagas que los sistemas más diversos. De hecho, cuanto más diversa es la población, más difícil es para el insecto encontrar un huésped y mayor es el riesgo de morir en la búsqueda (*Jones, 2001*). Por otro lado, las enfermedades fúngicas pueden ser muy específicas de su hospedador y causar

pandemias potencialmente si son compatibles con los clones que componen la mayor parte del área cultivada. Este es un problema que ha tenido claros ejemplos a lo largo de la historia en el delta del río Paraná, donde los clones en ocasiones han sido interrumpidos debido al ataque generalizado de patógenos y / o plagas. Por ejemplo, las primeras plantaciones de chopo en la llanura de Paraná se realizaron con *Populus deltoides* subsp. *angulata* cv. *carolinensis*, es seriamente atacada por la roya (*Melampsora spp*) y abandonada por los cultivadores. Años más tarde, las cepas 'Catfish 2' y 'Catfish 5', los álamos más plantados en la década de 1980, tuvieron que ser reemplazados por ataques de roya generalizados que devastaron las plantaciones en la región de 1980 (*Cortizo, 2005b*). En este sentido, las plantaciones de Salicaceae en Argentina son un ejemplo de los problemas asociados a la formación de grandes áreas de baja diversidad genética.

## CONCLUSIÓN

El objetivo principal de la propagación vegetativa es producir descendencia genéticamente idéntica a la planta madre. Este proceso, conocido como asexual, es el origen de una población de plantas conocida como asexual, la asexualidad ocurre a través de estructuras de propagación especializadas en plantas que producen tubérculos, tallos, tubérculos y raíces., Rizomas, tubérculos, chupones, pseudobulbos, etc. Este mecanismo también permite la colonización de sitios específicos, los cuales son mecanismos efectivos para que sobrevivan incluso en condiciones ambientales desfavorables, pueden ser utilizados por sus innumerables beneficios tanto para la propagación de árboles forestales, especies nativas y frutales. Si bien la restauración de áreas indígenas se ha visto significativamente dañada, las nuevas tecnologías e investigaciones nos brindan una perspectiva diferente sobre los avances en genética y biotecnología.

Dentro de estos podemos encontrar ventajas dado que se puede manipular de forma positiva el ambiente en el cual se desee la propagación de dicha especie, este será una climatización artificial, aun así estamos lejos de lograr que estos sea cien por ciento exitoso ya que en la naturaleza todo se da de forma natural, sin dejarnos de lado con las enfermedades que puedan afectar a los clones.

Todos esto conlleva años de estudios, prácticas y ensayos, para mantener un rango de éxito sobre el ochenta por ciento, estos nos permite dar un mirada positiva a los próximos avances, mas aun en tiempos de escasas tanto hídrica como de recursos naturales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*Respuesta de dos clones de Pyrus calleryana a distintos medios de cultivo, setiembre 1992. Castillo A; Capdevielle, F.*

*Clonacion de plantas: una antigua técnica 2004. Dr. Jorge Raisman y Dra. Ana Maria Gonzalez*

*Idaver, A.K. and P.A. Lambrecht 2004. Las Bacterias como Patógenos Vegetales. Trans. Ana María Romero. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2006-0601-01*

*FAO Dirección de Producción y Protección Vegetal 90*

*Cortizo, S.C. 2005a. Álamos en el Delta del Paraná. En: Mejores árboles para más forestadores: el programa de producción de material de propagación mejorado y el mejoramiento genético en el Proyecto Forestal de Desarrollo. Norverto, C.A., Ed. Buenos Aires. pp. 137–160. Cortizo, S.C. 2005b. Roya del álamo en el Delta del Paraná. IDIA XXI Forestales 5(8): 139–142.*

*Braulio Gutiérrez C. y Patricio Chung G., Ingenieros Forestales (e). División Silvicultura INFOR; Roberto Ipinza C., Dr. Ing. de Montes. Coop. Mejoramiento Genético UACH • CONAF . INFOR Empresas.*

*Faustino, L.I. 2013. Cambios en la arquitectura y fisiología de Pinus taeda en respuesta a la fertilización y al estrés por sequia. Tesis. Facultad Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. 240 pp.*

*Felton, A., U. Nilsson, J. Sonesson, A.M. Felton, J.M. Roberge, T. Ranius, ... & K. Wallertz. 2016. Replacing monocultures with mixed-species stands: Ecosystem service implications of two production forest alternatives in Sweden. Ambio 45: 124–139.*

*Genetic and physiological aspects of growth, body composition and feed efficiency in mice. Malik RC. J Anim Sci. 1984 Mar;58(3):577-90. doi: 10.2527/jas1984.583577x.*

*Viruses of botrytis.* Pearson MN, Bailey AM. *Adv Virus Res.* 2013;86:249-72. doi:10.1016/B978-0-12-394315-6.00009-X.

Borrvalho, N.M.; Colterlll, P.P. y Kanowaki, P.J., 1\1111. *Genetic Parameters and Gains Expected from Selection for Ory Weight in Eucalyptua globulua sap globulua in Portugal. Forest Science.* 38(1): 80-94.

Cañas, l., 1991. *Selección individual y Multiplicación Clonal del Eucalyptus globulua Labill. Jornadas Técnicas Forestales "Materiales Forestales de Reproducción en España". Huelva, España. 8 y 9 de Febrero, 1990.*

Cauvin, B., 1982, *Réjuvén/I/sation - Multiplication d'ortets seniles Eucalyptua. Annales AFOCEL.* Pp 74 - 105.

INFOR-CORFO., 1986. *Especies Forestales Exóticas de Interés Chile Santiago. Chile. Gerencia de Desarrollo Corfo. A F . 86/32. 167 p.*

CEFOR, Instituto Forestal (Chile), Universidad Austral de Chile (2005). *Clonación de raulí: estado actual y perspectivas. 1a. edición. [Santiago, Chile]: CEFOR, INFOR, UACH.*

*MÉTODOS DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA. Santiago, Chile, Braulio Gutiérrez C. 15 de junio de 2016*

Lobel, B., 1988. *Eucaiyptus in the Forest Industry. Tappi Journal. L*

Lobel, B. Y Talbert, N., 1984. *Applied Forest Tree Improvemen!. Ed. John Wiley & sonso New York. USA. 505 p*