



GUÍA DE APOYO DOCENTE
PRODUCCIÓN VEGETAL Y ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES
TEMA 6.- CUIDADOS CULTURALES

I.- Cuidados Técnicos-Culturales Aplicados a Plantas en Viveros Forestales

Si bien los cuidados que se realicen a las semillas son de importancia fundamental para la producción de plantas, los cuidados posteriores garantizan que las semillas germinadas produzcan plantas saludables, vigorosas y adecuadas para la plantación, garantizando la calidad física de las mismas de acuerdo a controles establecidos por los programas de plantación (Cuadro 1). Entre los aspectos a considerar se tienen:

Control de aves (Pajareo). Las plantas de germinación epigea tienden a elevar por encima del suelo la cáscara o testa de la semilla, la cual es un gran atrayente para pájaros que se alimentan de ellas, de allí que en zonas con gran densidad de población de pájaros (perdices, loros, etc.), éstos pueden atacar los viveros y al desprender la cáscara pueden producir la poda de la parte aérea de la planta. Es indispensable en estos casos contar con personal bien distribuido en el vivero que ahuyente estos agentes bióticos ya que una inadecuada supervisión puede traer como consecuencia que en un solo día se pierda gran proporción de lo sembrado. El pajareo es crítico entre las 5 am y 8 am y entre las 5 pm a 7 pm, ya que en esas horas se disminuye sensiblemente la actividad del personal del vivero y hay gran actividad ornitófila.

1.1.- Riego

El sistema básico de riego es similar tanto para las instalaciones a cielo abierto como para los invernaderos completamente automatizados. El riego por aspersión es la norma en los viveros forestales, el riego por goteo no es práctico con contenedores pequeños, mientras que otras técnicas de irrigación, tales como el riego por capilaridad, no permiten la poda aérea del sistema de raíces. Un sistema de aspersión típico está constituido por una bomba, tanque de presión, tuberías y aspersores. Los viveros ubicados en áreas poco desarrolladas, algunas veces utilizan agua de los sistemas de agua municipales, conectándolos directamente hacia un regulador de presión y de ahí a los aspersores. Para un mejor funcionamiento el agua es bombeada hacia un tanque de presión, el cual sirve como almacén temporal y como amortiguador de presión. Las tuberías galvanizadas fueron utilizadas en viveros antiguos, actualmente es más común la utilización de tuberías de polivinilo, dado su bajo costo y sus propiedades físicas deseables.

Los métodos de riego utilizados en los viveros que producen en contenedor varían considerablemente, según requerimientos del cultivo y tipo de sistema de riego. Áreas pequeñas pueden ser regadas manualmente con una manguera. El próximo nivel, es la fijación de un patrón de aspersores operados manualmente, lo cual requiere de una persona para su funcionamiento. No obstante, en fines de semana y días festivos son un inconveniente, por lo que muchos viveros se deciden por riego automatizado. Una forma sencilla de controlar el riego es mediante un reloj, el cual controla un conjunto de válvulas solenoides que activan el sistema en las diferentes secciones del área de producción. Estos controladores pueden ser programados para regar un determinado tiempo en cada sección, lo cual facilita al regador ajustar la cantidad de agua que debe ser aplicada, de acuerdo a las demandas de cada cultivo. Esto permite que se pueda realizar el riego durante la noche y los fines de semana, pero tiene la desventaja de que la cantidad de agua aplicada es la misma a pesar de las condiciones climáticas y del cultivo. Los sistemas computarizados de control ambiental utilizan la “demanda” para regular el riego mediante la supervisión de la luz acumulada, el déficit en la presión de vapor o la demanda evaporativa.

El Riego por aspersión desde el techo es el único sistema utilizado en los viveros forestales que producen en contenedor, porque los contenedores son muy pequeños para el riego por goteo de contenedores individuales, y la subirrigación limitará la poda de raíces por contacto con el aire, al fondo de los contenedores. La consideración básica de diseño en cualquier sistema de riego usado en los viveros forestales, es que el agua debe ser aplicada uniformemente a muchos contenedores individuales, que tienen un diámetro relativamente pequeño en relación a su volumen. Para complicar las cosas, cada contenedor alberga una plántula en crecimiento, que eventualmente producirá suficiente follaje para interceptar una proporción significativa del agua de riego aplicada, dificultando que ésta pueda alcanzar la superficie del sustrato. Los sistemas de riego pueden ser divididos en sistemas móviles y fijos. Los primeros consisten de un aguillón desplazable, mientras que los fijos de riego, consisten de boquillas espaciadas regularmente.

Cuadro 1.- Principales factores a controlar en la producción de plantas, con énfasis en el uso de tubetes e instalaciones bajo control ambiental.

Factor a Controlar		Equipos Posibles
Temperatura	Enfriamiento	Ventiladores de Extracción y Controles Sistema de enfriamiento por evaporación Cortina de Sombra automática
	Calentamiento	Calentadores Individuales; Calentador Central; Sistema de retención de calor Manual o a motor
Riego	Humedad Ambiental	Aspersores fijos y de de cañón móvil Sistema de Nebulización
Fertilización	Nutrición Mineral	Inyector de Fertilizante
Luz	Iluminación/Fotoperiodo	Iluminación Fotosintética; Iluminación Fotoperiodo; Cortina de sombreado
Dióxido de Carbono CO ₂)		Generador de Dióxido de Carbono

1.1.1.- Sistemas Móviles. El sistema consiste de un aguilon orientado horizontalmente, el cual lleva una tubería de distribución, conteniendo una serie de boquillas regularmente espaciadas. La estructura es tirada mecánicamente a lo largo del área de cultivo por un motor, y normalmente cubre varias mesas. El aguilon se regresa mecánicamente cuando alcanza el final de la mesa y las plantas se riegan en dirección opuesta. Normalmente se requieren varias pasadas para saturar por completo a los contenedores. Los aguilones pueden estar sujetos por un carril en el techo, o bien estar en un carro sobre el piso; la manguera de conexión es empujada a lo largo de la parte baja del carro que la soporta o de los carriles sobre el piso (Figura 1A). Estos sistemas de riego distribuyen agua uniformemente, en comparación con los sistemas fijos, porque proporcionan una cortina móvil de agua sin los problemas de distribución que presentan los aspersores en círculos. Una variedad de tipos de boquillas han sido empleados en estas estructuras de riego, incluyendo circulares, cónicas y abanico plano, aunque la mayoría de los viveros usan alguna variedad de las boquillas de abanico plano. Una vez que ha sido seleccionada la boquilla de riego, la cobertura del riego es dependiente de: 1) el espaciamiento de las boquillas sobre el aguilon, 2) la distancia entre la boquilla y los contenedores, 3) la presión del agua en la boquilla, y 4) la velocidad del aguilon.

1.1.2.- Sistema con Aspersores Basales Fijos. Estos sistemas son comúnmente usados en áreas de cultivo a la intemperie, o en áreas de carga; éstos son similares a los sistemas en la parte superior, en cuanto a diseño y operación, pues usan una cuadrícula regular de líneas de riego permanentes o móviles, con aspersores espaciados regularmente. El tipo principal de boquilla aspersor es la de impacto rotatorio; esta boquilla gira lentamente debido al impacto de un brazo saltador recargado que se mueve hacia dentro y fuera del chorro de la boquilla. Los aspersores de impacto rotatorio están disponibles con muchos proveedores en una gran variedad de tamaños de boquilla y coberturas. Debido a que el brazo de impacto es conducido por la presión del agua fuera del chorro de la boquilla, el patrón de distribución del agua de estos aspersores, es particularmente dependiente de la apropiada presión del agua (Figura 1B).

Los aspersores estacionarios pueden también usarse en sistemas basales de riego. Una gran ventaja de los sistemas de riego basales, es que los aspersores de impacto tienen áreas de cobertura relativamente grandes, lo cual significa que se requerirá de menos boquillas y de menos tubería de riego. Los aspersores de impacto, típicamente tienen mayor tamaño de gota, en comparación con los sistemas de aguilon o los enclavados en estructuras aéreas, y pueden ocasionar daños por salpicadura sobre la semilla en germinación. El agua residual drena por un desagüe, aunque aún así ésta puede seguir siendo un problema. Sin embargo, todas las líneas de riego deben correr a lo largo de o bajo el piso, creando obstáculos para los trabajadores, y haciendo difícil de operar la maquinaria. Los sistemas de riego basales comúnmente no son tan efectivos como los sistemas móviles en la aplicación uniforme del agua; no obstante, un adecuado diseño y un buen mantenimiento, pueden dar como resultado un sistema aceptable.



Figura 1.- Sistemas de Riego: A: Aspersor Basal Fijo; B: Aspersor Basal Móvil y C: Aspersor Superior Fijo.

1.1.3.- Sistema con Aspersores Fijos en la Parte Superior. Este tipo de sistema de riego, consiste de una serie de líneas de riego paralelas, usualmente construidas con tubería plástica de PVC, con los aspersores espaciados a intervalos uniformes para formar un modelo en cuadrícula. Los aspersores en la parte superior aplican agua a una velocidad mayor, en comparación con el sistema de riego de aguillón, y es relativamente más barato de instalar y de operar (Figura 1C). Los sistemas de riego fijos generalmente no aplican agua tan uniformemente como los sistemas móviles, pero harán un trabajo aceptable siempre y cuando estén apropiadamente diseñados, y se les proporcione un buen mantenimiento. Generalmente la estructura de cultivo es dividida en "bancales " de riego, dependiendo del número de boquillas que la bomba pueda operar a la vez, y de la presión de agua deseada. Las presiones ideales para operación varían con el tipo de aspersor, y las especificaciones están disponibles por parte de los fabricantes. Algunos aspersores vienen con diferentes coberturas, como el círculo total, el medio círculo, y el cuarto de círculo, así que puede ser obtenida la total cobertura con traslapes mediante la colocación de líneas de riego alrededor del perímetro de la banda de riego. Cada banda deberá ser controlada en forma individual con una válvula solenoide, la cual puede ser conectada a un reloj medidor del riego, para que la duración y secuencia del mismo pueda ser programado.

Varios tipos de boquillas son usados en los sistemas de riego. Los aspersores en hileras giratorias, que tienen boquillas de compensación al término de la estructura de rotación, forman hileras de agua en círculo cuando se aplica la presión del agua. Las boquillas estacionarias, no tienen partes móviles pero distribuyen agua en un patrón circular; estas boquillas también vienen en modelos de medio círculo y de cuarto de círculo. Las boquillas nebulizadoras a veces también son instaladas en líneas de riego en la parte superior. Las boquillas nebulizadoras son primeramente utilizadas durante el periodo de germinación, y para control de enfriamiento y de humedecimiento, porque éstas no proporcionan agua lo suficientemente rápido, como el riego normal. En la Figura 2 se presentan diferentes tipos de boquillas y aspersores (en abanico, nebulizador, giratoria, estacionario (de Impacto) y Retractable, este ultimo de uso común en campos deportivos. En la Figura 3 se muestra un aspersor de golpe o de impacto con sus componentes, este es el tipo comúnmente usado en sistemas de riego en ambiente abierto.

Algunas de las desventajas de los sistemas de riego fijos en la parte superior son:

1. Carencia de uniformidad en la cobertura: este problema puede ser evitado mediante un apropiado diseño del sistema de riego, asegurando un adecuado traslape entre las boquillas.
2. Desperdicio del agua de riego: puesto que el agua es aplicada a toda el área de cultivo, incluyendo pasillos y paredes, se desperdicia bastante más que con los sistemas de aguillones. No obstante, en climas áridos esto no representa gran problema, pues este exceso agrega humedad dentro de la estructura de cultivo.
3. Goteo de la boquilla: Una cantidad de agua residual se mantiene en las líneas después de que la válvula solenoide ha cerrado, y ésta gotea por las boquillas sobre las mesas de producción, sacando la semilla fuera de los contenedores o favoreciendo problemas de enfermedades al mantenerse saturado el sustrato y el follaje constantemente húmedo. Las líneas de riego deben ser localizadas sobre los pasillos para que las boquillas drenen sobre el piso.

1.1.4.- Sistemas de Riego Automáticos. Varios tipos de controladores automáticos están disponibles, algunos usan relojes y uno utiliza el peso de los contenedores, de modo que el riego puede ser aplicado automáticamente (Hanan et al., 1978). Este equipo permite al viverista programar previamente periodos de riego, y representa un gran ahorro de trabajo. El viverista prudente, sin embargo, nunca se confiará del todo a los sistemas automáticos, y continuará supervisando directa y regularmente la eficiencia en el riego, y su efecto en el crecimiento de las plantas.



Figura 2.- Diferentes tipos de aspersores A: En abanico; B: Nebulizador, C: Giratoria; D: Estacionario (Giratoria de Impacto); E: Retractil.

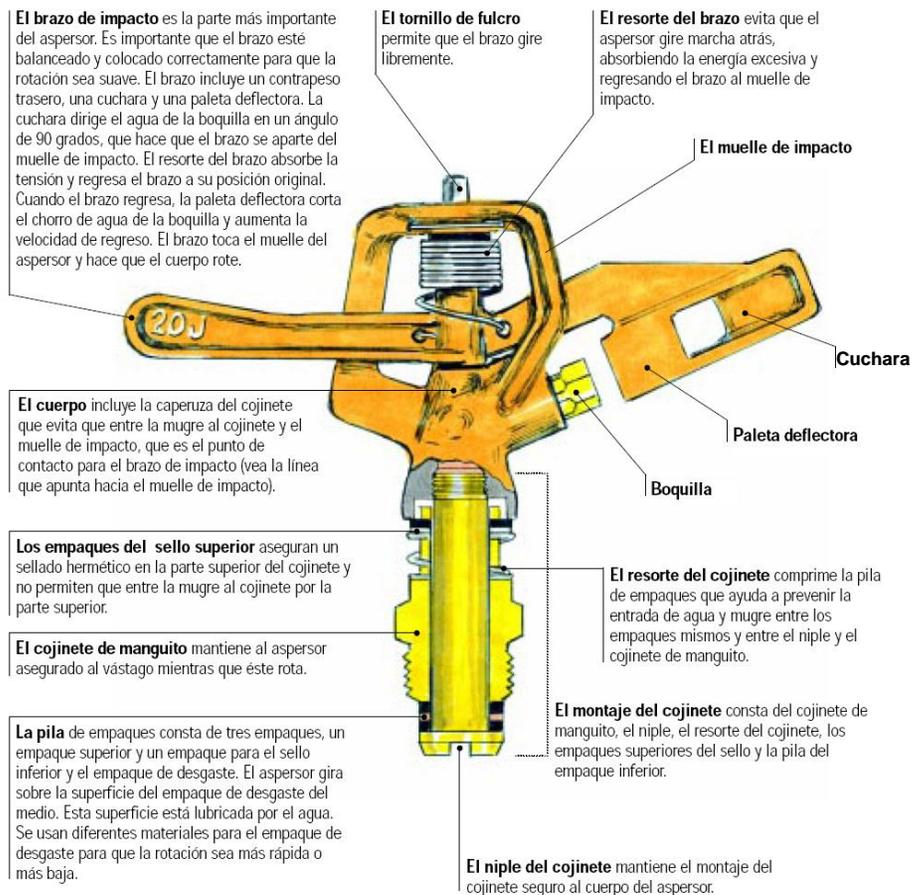


Figura 3.- Elementos de un aspersor estacionario (Giratorio de impacto)

1.2.- Aflojamiento del suelo (Binas o Escardas)

Tiene como objetivo mejorar las condiciones físicas del suelo alrededor de la planta, utilizando escardas o rastrillos pequeños. Es importante en viveros establecidos sobre suelos de texturas arcillosas en los cuales por efecto del riego tienden a producirse capas duras o costras.

1.3.- Protección

Básicamente referida a las actividades que aseguran la integridad física del material vegetal (Plagas y Enfermedades) y el crecimiento libre de competencia por la aparición de especies vegetales indeseables (Malezas).

1.3.1.- Control de insectos

En algunos casos las poblaciones de insectos pueden constituir un problema grave en la producción de plantas, los principales insectos dañinos a los cultivos son los áfidos, cortadores (hormigas y bachacos) y los masticadores como las orugas, para cada uno de estos grupos existen productos agro-químicos específicos para su control, entre otros se pueden mencionar el Tatucito®, el Myrex®, el Ostacón®, Malatión®, etc.

1.3.2.- Control Fitopatológico

Esta parte del tema será dictada por el Prof. Sari Mohali, especialista en el área, quien le suministrará la información básica sobre el reconocimiento, prevención y control de organismos patógenos.

1.3.3.- Control de Malezas

Para evaluar el impacto del control de malezas es necesario tener una idea precisa de lo que esto significa. Según Monsanto®, la maleza puede tener varias definiciones “Una planta perjudicial, molesta, desagradable a la vista y a la vez inútil”; “Una planta que esta fuera de lugar”; “Una planta que crece donde se quiere que nazca otra cosa”; “Una planta sin valor económico”; “Una planta potencialmente más perjudicial que beneficiosa”. De allí se desprende que una planta cultivada puede constituir una maleza cuando crece en una área donde se ha establecido otro cultivo.

Las mayores pérdidas causadas por las malezas resultan de la competencia por luz, agua y nutrientes, lo que retarda el crecimiento de la plántula y si no se controla puede producir su muerte. El control de malezas consume gran cantidad de tiempo, y la selección y preparación previa del sitio del vivero disminuye la incidencia de malezas, no obstante ningún vivero esta excepto de su presencia y solamente cuando el crecimiento de las plántulas es mayor que el de las malezas y éstas no llegan alcanzar un tamaño peligroso para el momento de la cosecha puede disminuirse al mínimo su control.

La periodicidad en el control de malezas es variable, dependiendo de los tratamientos con herbicidas que se hayan realizado antes de la siembra, del clima del lugar donde se haya establecido el vivero; en climas húmedos tropicales la proliferación y crecimiento son mayores con relación a zonas secas, del método de siembra empleado, de las características y tratamientos realizados a las áreas circundantes al vivero, etc.

En general, el control de malezas puede ser mecánico, incluyendo el deshierbe a mano o con escardilla u otros instrumentos cortantes, los métodos que usan implementos agrícolas (arados, niveladoras, segadoras, rotativas), los que usan elementos físicos como fuego, inundaciones, cobertura con material inerte (plásticos), cultivos competitivos, rotación de cultivos, control biológico y el control químico.

Los métodos manuales emplean gran cantidad de personal y con mayor periodicidad, el químico puede tener un mayor costo de inversión pero resulta más económico en el tiempo, en este caso, cuando se realiza posterior a la siembra, requiere una supervisión mayor ya que muchos herbicidas pueden afectar tanto a las malezas como al cultivo, de allí que se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Posibles daños al material a producir;
- Concentración y dosis de la formulación
- Periodo y tiempo de aplicación;
- Condiciones atmosféricas prevalecientes
- Métodos seguros de aplicación, (la mayoría son venenosos).

Un esquema de aplicación de herbicidas en el control de malezas puede tener los siguientes pasos:

- Aplicación de un herbicida de amplio espectro, para matar cualquier tipo de planta antes que la tierra sea cultivada (preparación del terreno), tales como Round-up® o Paraquat®.
- Un herbicida presiembra, para eliminar todas las malezas existentes. La acción química debe volatizarse e inactivarse antes de la siembra o de la germinación y no tener efectos residuales.

- Un herbicida pre-emergente, aplicado en el período entre la siembra y la emergencia de las plántulas, el mismo no debe interferir con el proceso de germinación y deben realizarse chequeos para asegurarse que no afecte el desarrollo posterior a la germinación. En Australia han demostrado que Clorotal® (22,4 kg/ha) más Propazine® (1,1 kg/ha) han resultado en protección contra malezas por hasta 20 semanas sin afectar la germinación y crecimiento de *Pinus caribaea*, *P. elliottii* o *P. taeda*.
- Un herbicida post-emergente. La aplicación no debe realizarse durante las primeras semanas continuas a la emergencia de las plántulas.

Smurfit aplica en su programa de producción de plántulas el siguiente esquema de control químico: Pre-siembra: Goal® a dosis de 2,5 litros/ha a una concentración de 0,5% (0,22 cc/m²). Aplicar con una bomba de presión, una semana antes de la siembra, sobre el suelo húmedo y Post-siembra: Goal® 1,75 l/ha. Al aplicarlo evitar el contacto del herbicida con la plántula.

Existe literatura especializada sobre los diferentes productos químicos utilizados en el control de malezas, fertilización, insecticidas, fungicidas, etc, donde se explican las características, modos y precauciones de aplicación, dosis recomendadas, etc, entre ellas se pueden mencionar los Índices Agropecuarios, la Guía Rural, Catálogos de casas comerciales como Agroisleña, Barco Vikingo®, etc.

Tomando en cuenta las diferentes labores culturales aplicables al vivero y bajo un estricto control de dosis, tiempos de aplicación, modos de aplicación, etc se puede definir un esquema específico o protocolo de las diferentes labores culturales para cada caso particular, en función de las especies, zonas ecológicas, tiempo de permanencia de las plantas en el vivero, tipos y clase de agentes bióticos que afectan a los cultivos, etc. De lo anterior se desprende que si bien se pueden seguir algunos lineamientos básicos para la producción de plantas de calidad, cada viverista debe tener un registro diario de las actividades que se realizan y mejorar los detalles técnicos y operativos que les aseguren la optimización de resultados en función de costos y eficiencia en el control.

Como se menciona anteriormente, el tiempo entre la siembra y la obtención de productos es variable para las diferentes especies y lugares geográficos y la meta final es lograr la máxima sincronización entre la producción de plantas de calidad óptima y la plantación. En ese sentido, si bien en la mayoría de los programas operativos las actividades de producción de plantas y establecimiento de plantación recaen sobre diferente personal técnico, la planificación en conjunto es fundamental para el logro de una plantación adecuada. De nada sirve tener plantas de alta calidad si se establecen sobre terrenos deficientemente preparados o bajo técnicas de plantación no adecuadas y viceversa.

1.4.- NUTRICIÓN

1.4.1. Aspectos Básicos Sobre Nutrición Mineral y Fertilización. Probablemente, más que ninguna otra práctica de cultivo, con la posible excepción del riego, la fertilización controla tanto la tasa como el tipo de crecimiento. Los términos elemento mineral esencial y nutriente mineral, fueron propuestos por dos fisiólogos vegetales de la Universidad de California (Arnon y Scout, 1939), ellos establecieron tres criterios de esencialidad:

1. La omisión del elemento debe resultar en crecimiento anormal, en la incapacidad para completar todas las fases del ciclo de vida, o en la muerte prematura de la planta;
2. La función del elemento debe ser específica, y no reemplazable por algún otro elemento, y
3. El elemento debe ejercer un efecto directo en el crecimiento y metabolismo de la planta; ser un constituyente de la planta, como el caso de una enzima; o ser requerido para un proceso metabólico distinto, tal como una enzima de reacción. Elementos minerales que tengan efectos indirectos en el crecimiento de las plantas, no son considerados como esenciales.

En los Cuadros 2 y 3 se presenta el listado de los trece elementos esenciales para el crecimiento de plantas en vivero, la forma utilizada por la planta y las principales funciones bioquímicas en las que interviene. En el Cuadro 4 se muestran los principales síntomas asociados con deficiencia de nutrientes en especies forestales. La absorción de los nutrientes por las plantas puede ser dividida en absorción activa y en pasiva. En el primer caso los iones son llevados dentro de la raíz de la planta mediante el flujo del agua transpiracional y es controlada por el volumen de agua moviéndose dentro de la planta (demanda transpiratoria) y la concentración de los iones en la solución del medio de crecimiento que rodea a las raíces. La absorción activa ocurre cuando los iones son tomados en contra del gradiente de presión osmótica que normalmente existe entre las células de la raíz y la solución del medio de crecimiento.

Según la disponibilidad del nutriente en el medio y la capacidad de ser absorbido por la planta se presentan diferentes situaciones. En la Figura 4 se observa como la relación entre el crecimiento de las plantas y los niveles de nutrientes en los tejidos de la planta, siguen un patrón característico. El crecimiento aumenta con los niveles de concentración hasta un punto crítico (A). Más allá de este punto, el incremento de los niveles de nutrientes ya no influye en un mayor crecimiento, pero permite un consumo excesivo, o incluso la toxicidad. Cuando un nutriente está presente en bajas concentraciones en el tejido vegetal, se dice que está deficiente y limita el crecimiento. En el extremo inferior de este intervalo de deficiencia, la planta con

Cuadro 2.- Macronutrientes y micronutrientes esenciales para el crecimiento de plantas en viveros

Macronutrientes			Micronutrientes		
Elemento o Ión	Símbolo	Peso Seco (%)	Elemento o Ión	Símbolo	Peso Seco (%)
Nitrógeno	N	1.5	Hierro	Fe	0.01
Nitrato(a)	NO ₃	-	Manganeso	Mn	0.005
Amonio(a)	NH ₄ ⁺	-	Zinc	Zn	0.002
Fósforo P	P	0.2	Cobre	Cu	0.0006
Fosfato(a)	H ₂ PO ₄ ⁻	-	Boro	B	0.002
Potasio	K	1.0	Cloro	Cl	0.01
Calcio	Ca	0.5	Molibdeno	Mo	0.00001
Magnesio	Mg	0.2			
Azufre	S	0.1			
Sulfato	SO ₄ ²⁻	---			

Cuadro 3.-Características bioquímicas de los nutrientes minerales esenciales.

	Elementos esenciales	Forma utilizada por las Plantas	Funciones bioquímicas en las plantas
Grupo 1	Carbono (C); Hidrogeno(H) Oxígeno (O); Nitrógeno (N) Azufre (S)	En la forma de CO ₂ , H ₂ O, O ₂ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , SO ₄ ²⁻ : los iones de la solución del medio de crecimiento, los gases de la atmósfera	Constituyentes mayores del material orgánico. Elementos esenciales de grupos atómicos involucrados en procesos enzimáticos. Asimilación por reacciones de oxidación reducción.
Grupo 2	Fósforo (P), Boro (B)	En forma de fosfatos, ácido bórico, o borato de la solución del medio de crecimiento	Esterificación con grupos nativos de alcohol en plantas. Los ésteres fosfato están involucrados en reacciones de transferencia de energía.
Grupo 3	Potasio (K); Magnesio (Mg) Calcio (Ca), Manganeso (Mn); Cloro (Cl)	En forma de iones de la solución del medio de crecimiento	Funciones no específicas estableciendo potenciales osmóticos. Reacciones más específicas para que la conformación de proteína enzima sea llevada a un nivel óptimo (activación de enzima). Puenteando socios de reacción. Balanceando aniones indifundibles y difundibles.
Grupo 4	Hierro (Fe); Cobre (Cu) Zinc (Zn), Molibdeno (Mo)	En forma de iones o quelatos, de la solución del medio de crecimiento.	Presente predominantemente en una forma de quelato, incorporado a grupos fotosintéticos. Posibilita el transporte de electrones por cambio de valencia.

Cuadro 4.- Principales síntomas de deficiencia de nutrientes en algunas especies Forestales

ELEMENTO	SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA	
MACRONUTRIENTES	Nitrógeno (N)	Clorosis general, seguida de "achaparramiento"; en casos severos, el follaje es pequeño, de color amarillo-verde a amarillo; esto puede ser seguido por coloración púrpura, y eventualmente por una necrosis de las puntas de las hojas. Se distingue de la clorosis debida a deficiencia de hierro porque el follaje viejo es afectado primero.
	Fósforo (P)	La planta entera con frecuencia queda achaparrada", aunque el tamaño del follaje puede o no resultar reducido. Los síntomas foliares son variables entre especies, con coloraciones desde verde claro, a amarillo o un tinte purpúreo.
	Potasio (K)	Síntomas variables entre especies: follaje usualmente corto, clorótico, con algún color verde en la base; en casos severos, tonalidades oscuras y necrosis con muerte descendente desde la punta. La aparición de un color café y la necrosis también pueden ocurrir.
	Calcio (Ca)	"Achaparramiento" y crecimiento mínimo en todos los meristemos; en casos severos, las yemas terminales pueden morir o detener su elongación. Las especies latifoliadas exhiben quemadura de las puntas y clorosis de las hojas más nuevas. La aparición de una tonalidad café y la muerte de las puntas de las raíces, también es común.
	Magnesio (Mg)	Hojas con puntas amarillas o anaranjadas. A esto sigue necrosis en los casos severos. Las especies latifoliadas, frecuentemente exhiben necrosis intermerval en las hojas.
	Azufre (S)	Follaje desde clorótico hasta un amarillo-verde pálido, las hojas más jóvenes resultan más afectadas. Crecimiento limitado de las hojas y eventualmente necrosis en los casos severos.
MICRONUTRIENTES	Hierro (Fe)	La clorosis aparece primero en el follaje joven. En casos severos, el follaje es de un color amarillo brillante a blanco.
	Manganeso (Mn)	Clorosis en el follaje, similar a la deficiencia de hierro.
	Zinc (Zn)	Limitación extrema del crecimiento del follaje, con "mechones", o "enrosetamiento", seguido de muerte descendente de puntas en los casos extremos.
	Cobre (Cu)	Acúculas retorcidas en espiral, con las puntas amarillentas o con tonalidad bronce.
	Boro (Bo)	Clorosis y necrosis de la yema terminal.
Molibdeno (Mo)	Clorosis, seguida de necrosis, empezando en la punta.	

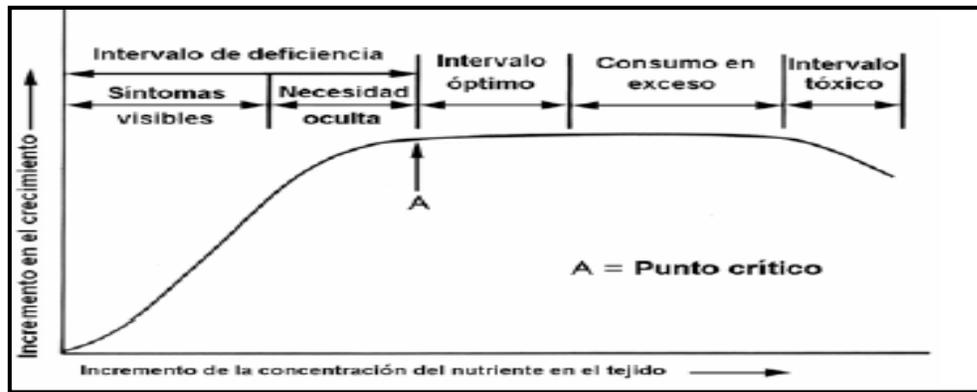


Figura 4.- Relación entre el crecimiento de las plantas y los niveles de nutrientes en los tejidos de la planta

frecuencia exhibe ciertas anomalías visibles, y tales "síntomas de deficiencia" son característicos de la deficiencia de un nutriente en especial. Con pequeños incrementos de las concentraciones en el tejido, el nutriente está aún lo suficientemente deficiente como para limitar el crecimiento de las plantas, pero no tanto como para producir síntomas de deficiencia. Esta condición es denominada "necesidad oculta" porque, aunque el crecimiento de la planta es reducido, la deficiencia nutricional es difícil de diagnosticar a simple vista.

Cuando la disponibilidad de nutrientes minerales no es limitativa, el crecimiento de las plantas alcanza un comportamiento constante (intervalo óptimo), en la medida que se presenta en cantidades excesivas, las plantas pueden continuar tomando esos nutrientes aunque no exista ya un incremento medible en el crecimiento; esta condición es denominada "consumo excesivo"; condición relativamente común en los viveros que producen en contenedor, debido a un ambiente ideal de crecimiento y a la falta de los factores ambientales que limitan el crecimiento en condiciones naturales. Cuando las concentraciones de nutrientes en el tejido de las plantas alcanzan niveles extremadamente elevados (intervalo tóxico), puede ocurrir toxicidad nutricional, y el crecimiento de la planta puede disminuir y en casos extremos de concentraciones excesivas de nutrientes, incluso pueden causar la muerte.

1.4.2.- Factores Físicos y Químicos que Afectan la Disponibilidad de Nutrientes. La prescripción de fertilizantes cuando se producen plantas en contenedores, debe considerar algunas características inherentes al sistema de producción, que difieren de la producción de plantas a raíz desnuda, entre otras, las características del sustrato; generalmente artificial, baja fertilidad natural, pocos micronutrientes, limitado volumen, alta tasa de lixiviación de fósforo (carencia de óxidos de Fe y Al; que fijan el fósforo en suelos naturales) y pH bajo; lo que disminuyen la tasa de conversión de amonio a nitrato.

El limitado volumen de sustrato, limita las reservas nutricionales, lo que favorece cambios rápidos de su *estatus* nutricional, sobre todo en las fases de rápido crecimiento, razón por lo cual el viverista debe asegurar el mantenimiento de un balance nutricional adecuado en las diferentes fases del cultivo. Así mismo, las características del sustrato determinan la capacidad de retención de humedad y por lo tanto la disponibilidad y absorción de nutrientes (afectada por la solución acuosa). Un riego deficiente disminuye la eficiencia de la fertilización y aumenta la concentración de sales indeseables.

Los valores de pH varían de 0 (muy ácido) a 14 (muy alcalino), con 7 representando neutralidad. El pH de una solución involucra además de los iones H^+ u OH^- la actividad de otros iones como en CO_3^{2-} , HCO_3^- , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , HPO_4^{2-} y $H_2PO_4^-$. Y es afectado tanto por los iones presentes en el agua del riego como por los agregados en el fertilizante. Estudios acerca de la disponibilidad de nutrientes han mostrado que la disponibilidad máxima de éstos ocurre con un pH de 6.5, aproximadamente, en suelos minerales, mientras que en los suelos orgánicos el valor es mucho más bajo (pH de 5.0 a 5.5).

Cuando se utilizan medios artificiales; con muy bajos índices de fertilidad natural, la interacción entre los iones del suelo y los aplicados en la fertilización es muy limitada y tiene poco efecto sobre el pH, en contraposición los medios naturales, sobre todo los orgánicos por contener más iones reaccionan con los fertilizantes y pueden inhibir la disponibilidad de algunos microelementos esenciales. En términos generales las coníferas requieren de pH un poco más ácidos que las latifoliadas.

1.4.3.- Características de los Fertilizantes. Pueden ser presentados en varias formas, pero para propósitos prácticos se consideran tres tipos: fertilizantes con macronutrientes, que proporcionan N-P-K; fertilizantes con nutrientes secundarios, que proporcionan Ca, Mg y S; y fertilizantes que proporcionan microelementos, ya sea alguno o combinación de los siete micronutrientes esenciales. Igualmente pueden ser aplicados en tres formas básicas, inyectando una solución de fertilizante líquido en el agua de riego, incorporando un fertilizante de lenta liberación dentro del sustrato; y depositando fertilizantes sólidos en la superficie del sustrato. Las tendencias actuales se orientan a las dos primeras formas de aplicación.

a.- Fertilizantes con macronutrientes. La presentación comercial de los fertilizantes con macronutrientes especifica el contenido de los tres elementos principales (N,P y K), de ellos, solo el N se expresa como porcentaje directo, mientras que tanto el P como el K, por estar incluidos dentro de una molécula mas compleja como lo es el P_2O_5 y el K_2O , se calculan como el porcentaje de la forma oxidada del elemento, para estos dos últimos la molécula solo contiene el 43,64% y el 83,01% (expresado en tanto por 1) del macronutriente. Por ejemplo el triple 15 (15-15-15) contiene 15% de nitrógeno; 6,55 % de P y 12,45% de K. en el caso del 12-24-12 contiene 12%, 10,5% y 9,96% del elemento activo respectivamente. Para ambos casos el análisis total contiene de 33,95% y 32,46% de nutrientes minerales, el resto son componentes químicos accesorios, incluyendo trazas de nutrientes secundarios no especificados.

Nitrógeno es el elemento esencial más importante ya que afecta el crecimiento de la planta, se presenta tanto en formas orgánica como inorgánica, las primera de uso restrictivo en viveros por su menor control en la liberación y mayor costo. El N inorgánico se absorbe comúnmente por la planta como amonio; NH_4^+ (catión de carga +), y el nitrato; NO_3^- , (anión de carga -). Algunas presentaciones solo contienen nitrato de calcio o fosfato de amonio, otros como el nitrato de amonio contiene iguales cantidades de ambos iones de nitrógeno. La urea $(NH_2)_2CO$ ampliamente usada, es descompuesta por microbios, inicialmente a formas de amonio y posteriormente a nitratos, de allí que su uso esta condicionado a sustratos y condiciones de luz, temperatura y humedad que garanticen la eficiencia de la actividad microbiana.

El control de los niveles de N es el factor más importante para manipular el crecimiento de las plantas, y los niveles recomendados de fertilización con N varían considerablemente durante estos estadios de crecimiento. N moderado durante la fase de establecimiento, elevados niveles durante la fase de crecimiento rápido, y bajos niveles de N durante la fase de endurecimiento. En esta ultima, es preferible utilizar fertilizantes basados en nitratos sobre los basados en amonio por cuanto los últimos favorecen el crecimiento suculento de la parte aérea y retrasan el endurecimiento

El fósforo es comúnmente aplicado en forma de superfosfato (0-46-0) por ser mas económico, sin embargo, como acido fosfórico (H_3PO_4) favorece la disminución del pH del agua de riego. Las plantas que se producen a raíz desnuda generalmente pueden obtener la mayoría de sus nutrientes secundarios y microelementos del medio natural, no obstante en la producción con sustratos artificiales, muchos de ellos sin nutrientes, es necesario incluirlos dentro del programa de fertilización rutinaria. En todo caso la elección final del fertilizante depende de la respuesta en crecimiento bajo las condiciones específicas del vivero.

b.- Fertilizantes con nutrientes secundarios. En el caso de las plantas a raíz desnuda EL Ca, Mg y S generalmente son obtenidos del suelo mineral o del agua, de allí que normalmente no son agregados como fertilizantes. El Ca es obtenido de la caliza cálcica, y el Ca y el Mg de la caliza dolomítica y son comúnmente utilizados para aumentar el pH de suelos ácidos El azufre es proporcionado en cantidades relativamente pequeñas a través de la descomposición de la materia orgánica, el agua de río, el agua de lluvia, y de muchos plaguicidas. Sin embargo, los nutrientes secundarios también están presentes en muchos productos químicos usados como fertilizantes, y en las formulaciones de fertilizantes comerciales. El sulfato de amonio, $(NH_4)_2SO_4$, contiene S y el nitrato de calcio, $Ca(NO_3)_2$, contiene Ca.

c.- Fertilizantes con micronutrientes. A raíz desnuda los micronutrientes pueden ser obtenidos por las raíces directamente del suelo, y la fertilización con microelementos no se aplica a menos que se tenga carencia específica de éstos, como acontece cuando se tiene un pH elevado, o altos niveles de calcio. En el caso de los viveros que producen en contenedor, la fertilización con micronutrientes es definitivamente necesaria principalmente cuando se usan sustratos artificiales Al igual que con los otros elementos, el balance de los micronutrientes en el sustrato, también es considerado crítico, pues los niveles elevados de alguno pueden interferir con la disponibilidad de otro (Cuadro 5)

d.- Quelatos: Además de los fertilizantes es conveniente incluir un agente quelatante, este es un compuesto, usualmente orgánico, que se puede combinar químicamente con un ion metálico, formando una estructura similar a un anillo, la molécula resultante es denominada quelato y son empleados frecuentemente para proteger los micronutrientes metales de la inactivación química que tan frecuentemente ocurre en los suelos alcalinos.

Los fertilizantes con micronutrientes quelatados, están compuestos por un complejo orgánico cargado negativamente, y un catión, en este caso (A) un catión manganeso (Mn). Los micronutrientes quelatados, resisten la irrupción de nutrientes de otros productos químicos en la solución del medio de crecimiento, en este ejemplo (B), un ion hidróxido (OH). El Mn no quelatado, precipitará en la solución como $Mn(OH)_2$ (Modificado de Stoller Chemical Company's Product Manual and Nutrient Deficiency Guide) (Figura 5). Ejemplo de tales elementos son: EDTA = ácido etilen-diamino-tetra-acético EDDHA = ácido etilen-diamino-dihidroxi-fenilacético y HEDTA = ácido hidroxil-etileno-diamino-triacético.

e.- Régimen de fertilización: La definición del régimen de fertilización implica una serie de consideraciones técnicas relacionadas con la concentración de cada nutriente, el efecto del sustrato, el pH, la frecuencia de riego y las diferentes etapas de crecimiento de la planta. El balance o proporción de nutrientes, puede afectar la absorción y utilización de otros nutrientes y el balance iónico afecta el pH del medio de crecimiento como se puede observar en el Cuadro 5.

Cuadro 5.- Influencia del balance de nutrientes y el pH en la disponibilidad de nutrientes presentes en plantas.

Deficiencia observada									Causa de la deficiencia:
S	Ca	Mg	Mn	Fe	B	Cu	Zn	Mo	Desbalance en nutrientes minerales
*	*	*		*		*			Nitrógeno elevado
		*		*		*	*		Fósforo elevado
				*					Potasio bajo
	*								Calcio bajo
		*		*	*				Calcio elevado
							*		Magnesio elevado
				*		*			Manganeso elevado
			*			*			Hierro elevado
			*	*				*	Cobre elevado
						*			Zinc bajo
			*	*		*			Zinc elevado
	*	*	*					*	pH bajo
		*	*	*	*	*	*		pH elevado
								*	Azufre elevado
	*	*	*						Sodio elevado
				*					Bicarbonatos elevados
				*					Desbalance en relación Hierro:Cobre:Magnesio

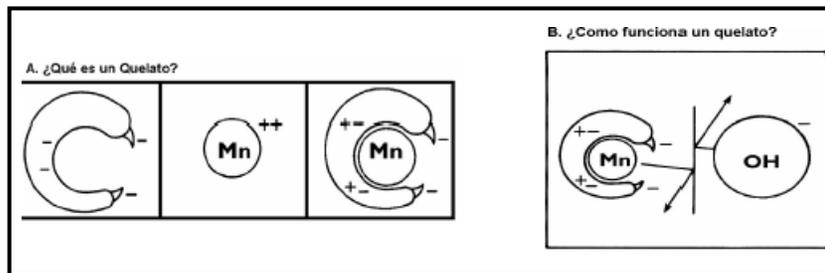


Figura 5.- Qué es un quelato y como funciona

Muchos programas de fertilización están basados en la concentración de N, y los niveles del resto de nutrientes generalmente son establecidos en relación al N. Las investigaciones sobre el uso del N son controversiales, tanto en la concentración como en el cambio de la misma a través del periodo de crecimiento de la planta en el vivero. En términos generales en el Cuadro 6 se presenta un esquema de fertilización para especies forestales.

f.- Métodos de Fertilización: Como se menciona anteriormente la fertilización se puede hacer directamente sobre la superficie del sustrato, incorporando fertilizantes de lenta liberación en el proceso de llenado o inyectándolo en el agua de riego. A raíz desnuda es mas común los primeros dos procedimientos, mientras que, en función del tamaño del envase, la inyección (envases estrechos) y la liberación lenta (bolsas, envases grandes) son los mas prácticos. En el Cuadro 7 se presentan algunas características los métodos más usados en envases.

f.1.- Aplicación de fertilizantes mezclados con el sustrato. Generalmente emplea fertilizantes formulados para liberar sus nutrientes a través del tiempo, los tipos mas conocidos son:

- La caliza cálcica, que incorpora solo calcio (CaCO_3), la dolomita,; que incorpora calcio y magnesio y el fósforo (superfosfato, simple, triple). La caliza y la dolomita pueden además de incorporar calcio y magnesio, incrementar el pH del sustrato, de allí que es mas recomendable aplicarlas cuando se utilizan sustratos con tendencias a pH ácidos, como los originados de turba, vermicompost, etc.

Cuadro 6. Niveles óptimos de fertilización en aplicación líquida para diferentes fases de crecimiento en especies forestales

Nutriente Mineral		Dosis óptima de aplicación		
		Fase de crecimiento del cultivo		
		Establecimiento	Crecimiento Rápido	Endurecimiento
Macro-Nutrientes	N 1/	50	150	50
	P	100	60	60
	K	100	150	150
	Ca	80	80	80
	Mg	40	40	40
	S	60	60	60
Micro-Nutrientes	Fe	4,00	4,00	4,00
	Mn	0,80	0,80	0,80
	Zn	0,32	0,32	0,32
	Cu	0,15	0,15	0,15
	B	0,50	0,50	0,50
	Cl 2/	4,00	4,00	4,00

1/ Variable según la especie. 2/ Si se emplea agua tratada (potable) puede no ser necesario agregar

Cuadro 7. Características de uso de los métodos de fertilización más usados en envases

	Ventajas	Desventajas
Aplicación de fertilizantes mezclados con el sustrato	No se requiere de equipo de inyección de fertilizante especializado.	Imposible controlar concentración y balance de los nutrientes minerales en la solución del medio de crecimiento.
	Bajos costos de elaboración de mezclas y de aplicación de fertilizantes.	Distribución no uniforme de las partículas de fertilizante en el sustrato por uso de equipos menos controlados
	Los niveles nutricionales también pueden ser mantenidos durante los meses húmedos, cuando el riego no se requiere, y el lixiviado de nutrientes puede representar un problema. Menos pérdidas a campo abierto por lixiviación	La incorporación requiere de una mezcla extra del sustrato, lo que puede resultar en rompimiento de las partículas, y originar problemas de compactación.
Aplicación de fertilizante inyectado al sistema de riego	Control preciso de la concentración y del balance de los 13 nutrientes minerales en el agua de riego aplicada.	La necesidad de equipo especial de inyección
	Capacidad para cambiar completamente la solución nutritiva en cualquier momento.	Elevados costos, asociados con el frecuente mezclado y aplicación de fertilizantes líquidos.
	Muy baja posibilidad de fertilizar en exceso, y por tanto, de dañar por exceso de sales.	Es esencial un sistema de riego automatizado bien diseñado, para asegurar una aplicación uniforme de fertilizante.

- Los fertilizantes de liberación lenta que se presentan encapsulados y solubles en agua tales como Osmocote, Nutricote, y urea. Consisten en un fertilizante sólido N-P-K encapsulado en una esfera de resina plástica: la cápsula permite al agua pasar hacia dentro y disolver los nutrientes, los cuales son liberados osmóticamente a las plantas
- Fertilizantes inorgánicos de baja solubilidad. En estos fertilizantes la liberación de nutrientes está determinada por el tamaño de las partículas (gruesa-mediana), el más conocido es el MagAmP®.
- Fertilizantes orgánicos de baja solubilidad. Este grupo está representado por fertilizantes con ureaformaldehído, como las tabletas Agriform®, y el IBDU, los cuales lentamente son descompuestos por hidrólisis o por actividad biológica.

Además de los tipos anteriormente mencionados existen en el mercado fertilizantes comerciales (Micromax®, Esmigran®), que permiten la incorporación y liberación lenta de micronutrientes, en la solución del medio de crecimiento durante el ciclo de cultivo, lo cual proporciona una fuente constante y balanceada de fertilizante con micronutrientes. En estos casos las fórmulas comerciales pueden ofrecer alternativas de micronutrientes quelatados.

g.- Inyección de fertilizantes al sistema de riego: Este método requiere implementar mecanismos electromecánicos que asegure la inyección directa del fertilizante líquido al sistema de riego, emplea fertilizantes altamente solubles en agua, y por tanto los iones son liberados con rapidez.

Una regla fundamental en la utilización de sistemas de inyección de fertilizantes es conocer las características del agua de riego, específicamente el estatus nutricional (elementos presentes en el agua de riego y sus concentraciones), así como el pH del agua y su capacidad de amortiguación, esto último se refiere a la cantidad de ácido requerido para reducir el pH del agua a un nivel deseado.

Otras recomendaciones importantes incluyen instalar el inyector sobre una derivación de la línea de riego principal, de manera que el agua de riego se mantenga libre de fertilizantes y puede ser aplicada cuando se desee, igualmente debe instalarse un dispositivo que prevenga el flujo en retroceso (válvula checker), a fin de evitar que accidentalmente se introduzca fertilizante en los sistemas de agua domésticos.

Igualmente, es necesario diferenciar la fertilización por inyección de fertilizantes al sistema de riego, de la fertilización foliar, si bien ambas pueden hacer uso de las mismas instalaciones, equipos, sistemas de riego, etc., la fertilización foliar es de limitada efectividad debido a la menor capacidad de absorción por las hojas. En este caso se debe utilizar aspersores que aseguren una fina nebulización, aplicar en horas de menor evaporación para asegurar la mayor eficiencia posible y añadir sustancias surfactantes que eliminen la tensión superficial y favorezcan la penetración del fertilizante. La inyección de fertilizantes a través del sistema de riego propiamente dicha está más orientada hacia la absorción vía sistema radicular. Igualmente la formulación de fertilizante a aplicar es más restrictiva por cuanto deben evitarse el empleo de nutrientes que formen costras o precipitados insolubles en las soluciones de fertilizantes concentradas, tales como Calcio o magnesio.

Existen varios tipos de fertilizantes comerciales completamente solubles en agua, disponibles en el mercado, para uso en inyección líquida. Algunas formulaciones contienen sólo N-P-K, mientras que otras también contienen S, y los micronutrientes. Por otra parte, es posible preparar una fórmula particular a partir de compuestos químicos que se pueden mezclar obteniendo un fertilizante propio que puede ajustarse a las necesidades específicas del cultivo, sitio, sustrato, etc.

El Cuadro 8 presenta un resumen técnico de los principales inyectores de fertilizantes empleados en sistemas de riego y en la Figura 6 un diagrama de operación de un sistema típico de inyección de fertilizante. La clave de la aplicación de fertilizantes líquidos, es el aplicar suficiente cantidad de solución cada vez, para saturar completamente el sustrato, y para que fluya el exceso de sales fertilizantes. En ese sentido algunos viveristas sugieren aplicar un 10% más de la solución prevista para cubrir las necesidades de las plantas y la solución drene del envase. Una vez concluida la aplicación se debe regar con agua limpia durante 15 a 25 segundos para eliminar el fertilizante del área foliar y evitar posibles quemaduras.

La fertilización líquida puede ser constante (diaria) o periódica, la primera se refiere a la aplicación de solución fertilizante cada vez que el cultivo es regado y la concentración de esta solución es exactamente la deseada en la solución del medio de crecimiento. La fertilización periódica, consiste en la aplicación de una solución fertilizante más concentrada, acorde con una programación prefijada, tal como una vez a la semana, o cada tercer riego. La solución fertilizante aplicada durante la fertilización periódica, puede por tanto ser varias veces más concentrada que la solución fertilizante constante, que es la misma que los niveles de nutrientes deseados en la solución del medio de crecimiento.

Debido a que una solución de fertilizante más concentrada se aplica durante la fertilización periódica, el nivel de nutrientes en la solución del sustrato fluctuará más de lo que lo haría con la fertilización constante, si esta fluctuación alcanza niveles extremos, el crecimiento de las plantas podría ser reducido a causa de deficiencias de nutrientes o toxicidad. La fertilización constante mantiene las concentraciones de nutrientes en el sustrato más cerca de las concentraciones óptimas, las cuales deberán acelerar el crecimiento de las plantas, entre las ventajas para la técnica de fertilización constante se tienen:

- El flujo regular del medio de crecimiento previene la formación de sales de fertilizante.
- Los nutrientes están uniformemente distribuidos a través del perfil del sustrato.
- Los niveles de nutrientes en la solución del medio de crecimiento deben cambiarse rápidamente para corregir desbalances.
- Los cultivos no pueden ser sobrefertilizados, porque la solución aplicada tiene exactamente la concentración apropiada para el crecimiento ideal.
- El nivel nutricional del sustrato es mantenido a especificaciones objetivo con cada aplicación de fertilizante líquido.

Las desventajas de la fertilización constante son: un ligero incremento en los costos en términos de sustancias químicas fertilizantes y de trabajo, y el problema de disposición de la solución de fertilizante percolada.

Cuadro 8.- Principales tipos de inyectores de fertilizantes

Marca	Tipo de inyector (Modo de acción)	Tasa de Flujo	PSI	Tasa de inyección
Hozon	Venturi	3	Ninguna	F 1:16
Dosmatic (Profel)	(BA)	> 6	8-85	A 1:100 – 1:200
HPA*	BA o eléctrica	50-400	> 45	F 1:100-1:1600
Gewa*	D	Ninguna	Ninguna	A 1:20 -1:300
Fert o-Ject*	BA o electrica	2-120	20-140	F. 1:100 – 1:200
Smith*	BA	50-700	Ninguna	F 1:100-1:1600
Anderson*	B. d A	1-160	Mas de 15	A

PSI = Presión de agua en operación. BA = Bomba de agua ; Ddesplazamiento de agua

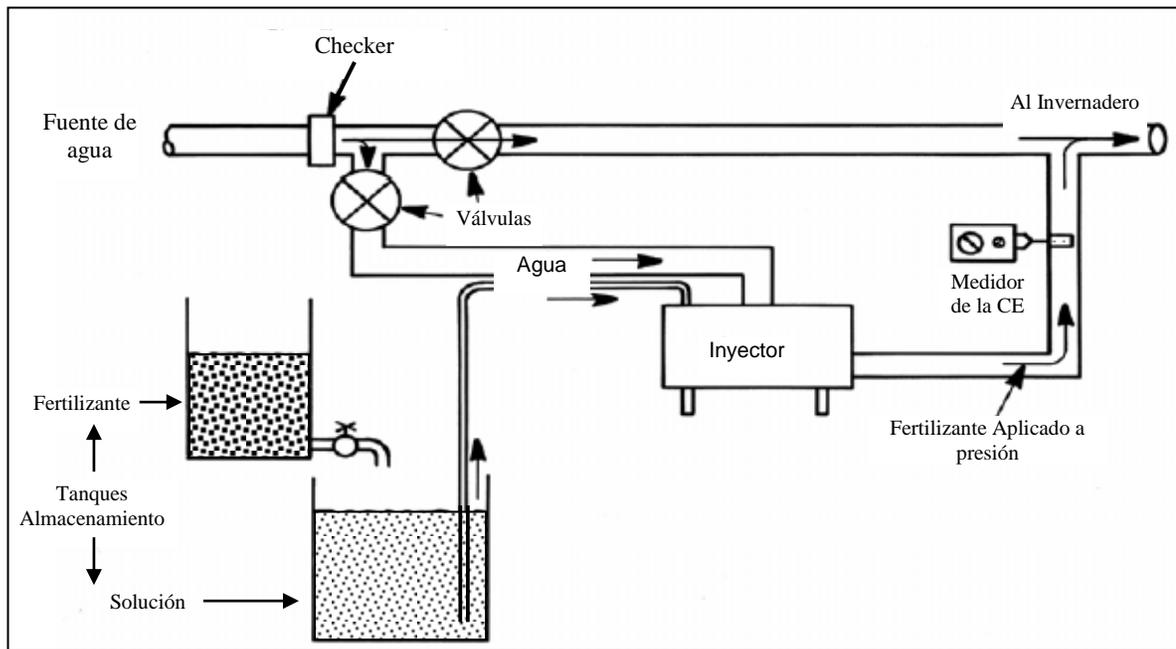


Figura 6. Diagrama de inyección de fertilizante en un sistema de riego (Fertirrigación)

La fertilización exponencial es una tercera forma de aplicar fertilizantes líquidos,. Esta consiste en iniciar con una baja tasa de fertilización, cuando las plántulas son pequeñas, e incrementar la cantidad de fertilizante, a una tasa exponencial, la cual es proporcional con el crecimiento de las plantas. Estudios realizados por Timmer y Armstrong (1987b), mostraron que la tasa de N que fue gradualmente incrementada de 5 a 125 ppm de N sobre el periodo de fertilización, produjo un mejor crecimiento de las plantas, particularmente de la raíz, en comparación con las técnicas convencionales de fertilización. La fertilización exponencial, tendrá otros beneficios operativos, tal como una menor probabilidad de formar sales en el sustrato, y una mayor eficiencia en el uso de fertilizante, en comparación con los métodos tradicionales de fertilización.

h.- Como calcular las formulaciones básicas para la preparación de fertilizantes para inyección?:

- 1.- Verifique en el producto comercial la composición del mismo, por ejemplo 12-24-12; 15-15-15; 12-12-12, etc, esto le indica la proporción de los tres macronutrientes básicos como son Nitrógeno, Fósforo y Potasio. La primera formula le indica que el producto comercial contiene 12% de nitrógeno (N), 24% de P₂O₅ (es decir no es solo fósforo) y 12% de K₂O (no solo potasio).
- 2.- Establezca la concentración de nitrógeno deseada (las formulaciones tradicionales oscilan entre 50 a 200 ppm) y con base en la concentración de nitrógeno calcule el resto de elementos (Utilice las unidades de conversión: 1 ppm = 1 mg/l, puesto que 1 litro de agua pesa 1 kg (1 mg/kg = 1 ppm).

3.- Ejemplo, si la concentración deseada de nitrógeno a aplicar es de 150 ppm significa que: 20% Nitrógeno = 20 ppm de nitrógeno (regla de tres). Si en 100 mg/l de fertilizante existen 20 mg/l (20 ppm) de nitrógeno ¿? mg/l de fertilizante se necesitan para obtener una concentración de 150 mg/l de N?

$$CFN = \frac{150 \text{ mg/l} \times 100 \text{ mg/l}}{20 \text{ mg}} = 750 \text{ mg/l de fertilizante (solución base)}$$

4.- Ajuste la cantidad de fertilizante básico (750 mg/l) a la tasa de inyección del fertilizante. Es decir la cantidad de solución total a preparar. Esto puede ser 100, 150, 200 litros, etc.). (regla de tres): Si un litro de solución requiere 750 mg de nitrógeno. Para prepara 200 litros cuanto fertilizante se necesita?

$$CFN = \frac{200 \text{ l} \times 750 \text{ mg}}{1 \text{ litro}} = 150000 \text{ mg; En gramos} = 150 \text{ gramos}$$

5.- Con base en a la cantidad de fertilizante determinado para el nitrógeno, determine la cantidad de fósforo y potasio. Para ello se debe convertir la formula completa (P₂O₅) a la cantidad del elemento deseado (fósforo). Es decir que cantidad de fósforo estará contenida en la solución de fertilizante a aplicar? Si el 12-24-12 contiene 24% de P₂O₅ (regla de tres) si 100 ppm contienen 24 ppm de P₂O₅, cuantas ppm contendrán 750 mg = 750 mg/l * 0.24 = 180 mg de P₂O₅ (= 180 ppm de P₂O₅)

6.- Determinar cuanto del elemento fósforo esta presente en 180 ppm (mg) de P₂O₅. Para ello se requiere utilizar la tabla de conversión del Cuadro 18. 180 ppm * 0.4364 = 78.552 ppm de fósforo puro

7.- Empleando un proceso similar al de los pasos no. 5 y 6, calcule la cantidad de K que el fertilizante 12-24-12 proporciona a la solución de fertilizante aplicado (el fertilizante contiene 12% de K₂O): (500 mg/l) (0.12) = 60 ppm K₂O

(60 ppm K₂O) (0.8301) = 50 ppm K

Cuadro 18.- Factores de conversión para cálculos con fertilizantes comerciales

Para cambiar de A	a B	Multiplicar A por
P ₂ O ₅	P	0.4364
P	P ₂ O ₅	2.2910
K ₂ O	K	0.8301
K	K ₂ O	1.2050

Unidades. La concentración de nutrientes minerales puede ser descrita en diferentes unidades, partes por millón (ppm)], unidades de peso o volumen (miligramos por litro (mg/l) o las onzas por galón (oz/gal). La conversión entre partes por millón y miligramos por litro, es muy fácil para soluciones acuosas: 1 ppm = 1 mg/l, puesto que 1 litro de agua pesa 1 kg (1 mg/kg = 1 ppm).

II.- Control de Calidad de Plantas en Vivero

Paul (1972) hace referencia respecto al tamaño y calidad de las plántulas y señala que el forestal mide la calidad de las plantas bajo dos criterios, su habilidad para sobrevivir después de plantadas y su subsiguiente crecimiento y desarrollo. La habilidad para sobrevivir se obtiene de una planta fuerte y endurecida que aprovecha mejor los nutrientes y el agua. Estas plantas tienen un tallo grueso y fuerte, un diámetro aceptable y buen desarrollo de fuste y sobreviven mejor que plantas suculentas con fustes alargados y tejidos blandos.

A fin de lograr una buena calidad de plantas es necesario poner en práctica las diferentes tratamientos culturales que se han mencionado en las clases con los diferentes especialistas, sin embargo, es necesario recordar, que cada planta, ya sea propagada a través de semillas o por métodos vegetativos tiene un potencial genético propio e interacciona con el medio y ambiente que le rodea (el cual aún en condiciones de uniformidad puede presentar pequeñas micro-variaciones), de una manera particular, en ese sentido no es de extrañar encontrar variación en calidad de las plantas a producir, de allí que la evaluación continua y el control de desarrollo son imperativos en cualquier vivero, esto permite la aplicación de raleos, reclasificación del material vegetal por tamaños, vigor, sanidad, aplicar tratamientos diferentes para uniformizar la calidad del material, etc.

Son interés los tratamientos de endurecimiento o castigo que permiten, que en la medida que la planta se acerca a la época de plantación, presente las condiciones mínimas de calidad física que asegure su sobrevivencia y crecimiento en condiciones de plantación, es necesario recordar que las plantas en estas condiciones estarán sometidas a factores bióticos (hongos, insectos, pájaros, etc) y abióticos (estrés hídrico, pH, temperatura, radiación, viento, etc) diferentes a las condiciones de vivero, en ese sentido, el castigo o endurecimiento preparará a las plantas para resistir tales condiciones.

No es lo mismo producir plantas para un vivero con fines comerciales y ornamentales, en donde con alto grado de probabilidad cada planta será establecida en un lugar en el cual se le brindarán condiciones adecuadas para su sobrevivencia y crecimiento, que para un programa de plantaciones a gran escala, donde cada planta tendrá que usar al máximo sus estrategias adaptativas para sobrevivir, lo cual se agudiza en áreas críticas para reforestar tales como zonas muy secas, con gran pendiente, erosionadas, áreas de explotación minera, etc

Dos aspectos importantes ha considerar en el endurecimiento son el riego y las podas. El riego se reduce progresivamente, desde un contenido de humedad no menor al 50% de la capacidad de campo en los primeros dos a tres meses hasta niveles muy inferiores al final del período de producción ¿Para las empresas que visitaremos en la práctica como se planifica el riego para el endurecimiento? ¿En la especie que usted analizará en su proyecto como se planifica?. El otro aspecto de importancia fundamental es la poda, tanto de raíces como de la parte aérea, la poda se hace con la finalidad de:

- a. Controlar un excesivo crecimiento de la raíz principal y mantener un balance en el sistema radical.
- b. Facilitar las labores de extracción y embalaje de las plantas.
- c. Estimular crecimiento radical y del tallo, y con frecuencia para controlar el tamaño final de la planta.
- d. Producir una planta fuerte y vigorosa
- e. Fomentar el desarrollo de un sistema de raíces laterales fibrosas y más compacto, capas de adaptarse con mayor facilidad a terrenos pocos profundos.
- f. Evitar el arraigamiento de las plantas en el suelo.
- g. Permite manipular el tiempo de permanencia de las plantas en el vivero, alargando su permanencia en el mismo en caso que la época propicia para la plantación se alargue.

2.1.- Podas

Linares (1992) (Ensayo de poda radical en viveros de *Pinus caribbae*. Tesis de pregrado) hace una revisión detallada de los diferentes términos que se utilizan en la poda de raíces en los viveros de CVG-PROFORCA. En Smurfit se practican las siguientes podas:

2.1.1.- Poda Mecanizada: Horizontal: Si se dispone de herramientas mecánicas colocar la cuchilla podadora a nivel de los caminos y a 12-15 cm de profundidad. Esta poda se hace 1-2 semanas después que las raíces hayan alcanzado esta profundidad. Vertical: Tres semanas después de la poda horizontal pasar la cuchilla vertical por el centro de las hileras a 8 cm de la planta. La frecuencia de la poda esta determinada por el crecimiento.

2.1.2.- Poda Manual: Se realiza con pala afilada, introduciéndola a unos 6-8 cm de la hilera con un ángulo tal que corte la raíz a la profundidad deseada 12-15 cm; a fin de producir un sistema radical equilibrado se poda de un lado y a las dos semanas del otro lado, verificar que las plantas queden rectas. La poda se debe realizar en horas de la mañana de 6 a 10 am y en la tarde entre 4 y 6 pm, o en días nublados. El suelo debe estar húmedo sin que se forme barro y de debe regar posterior a la poda. En el caso de la poda en envases, si éstos están colocados directamente sobre el bancal se deben remover periódicamente para evitar la penetración de las raíces en el suelo, en algunos casos se recomienda remover la base del envase para facilitar la formación de raíces y evitar el problema del efecto “J”, o enrollamiento de la raíz principal.

En el caso de plantas producidas en envases sobre bancales aéreos, la poda se realiza de manera natural cuando las raíces emergen del envase. El diseño del envase (tubete) está realizado de manera tal que orienta el sistema radical hacia el fondo del envase, al orificio que se encuentra en el mismo y evita el enrollamiento de las raíces a través de las guías o ranuras que se encuentran a lo largo del envase.

2.2.- Control de Calidad en el Vivero de CVG-PROFORCA:

El control de calidad en el vivero, esta dirigido a obtener los siguientes objetivos:

- 1.- Garantizar que las plantas cumplan con los parámetros de calidad exigidos por la empresa.
- 2.- Efectuar un seguimiento de las actividades de selección, protección, encajado, riego, revestimiento, etc, a fin de verificar que se realizan en forma correcta.

El sistema de evaluación de calidad en vivero consta de dos partes: evaluar el nivel de calidad de las plantas seleccionadas y control de todas las actividades interrelacionadas con esa actividad.

2.3.- Evaluación de la Calidad de Plantas.

2.3.1.- Metodología de Muestreo: El sistema de muestreo a implementar, consiste en evaluar todos los equipos de arrancadores de plantas, con una frecuencia de tres veces al día. En cada muestreo el evaluador selecciona en forma al azar, cinco sub-muestras (arrancadores) o unidades muestrales de cinco plantas cada una. A cada planta se le evalúan características cualitativas y cuantitativas descritas más adelante. La intensidad de muestreo de esta evaluación oscila entre 0,15-0,25%, la cual permite cubrir todos los equipos arrancadores y tomar decisiones en forma oportuna.

2.3.2.- Variables a evaluar en cada planta: Cada planta será evaluada a nivel del follaje y el sistema radical. Los resultados de la evaluación son registrados en planillas especialmente diseñadas.

a.- Follaje

- 1.- Diámetro al Cuello de la Raíz: Deficiente: < 4,0 mm; Apta: 4,0-10,0 mm; Otros usos: > 10,0 mm
- 2.- Altura: Deficiente: < 25,0 cm y Apta: > 25,0 cm
- 3.- Forma: Normal: Tallo recto, follaje exuberante, y Defectuosa: tallo deformado, follaje deficiente
- 4.- Presencia de Cogollos: Apto: Sin brotes apicales y Deficiente: Con brotes apicales muy tiernos
- 5.- Vigoridad: Débil: planta con acículas primarias muy tiernas, flácidas, amarillentas y alto nivel de succulencia; Vigorosa: Plantas con más del 50 % de acículas secundarias, aspecto fuerte y buen color.

b.- Sistema Radical:

- 1.- Longitud raíz principal: Deficiente: < 15,0 y > 20,0 cm y Apta: 15,0 - 20,0 cm
- 2.- Número de raíces laterales: (secundarias): Deficiente: <8 raíces y Apta: ≥8,0 raíces.
- 3.- Forma: Normal: raíz recta y no deformada y Deficiente: raíz torcida, partida, tipo zanahoria, etc.
- 4.- Presencia Efecto "J": Normal: Ausencia del defecto y Deficiente: Presencia de un doblamiento a nivel terminal de la raíz principal, en forma de "J" o "L"

c.- Micorrización:

Colonización de las raíces laterales: Deficiente: <50% y Apta: ≥ 50%. En el caso de la empresa Smurfit Cartón de Venezuela, la producción de plantas esta regida por un control estricto de cada una de las actividades culturales, el cual es registrado en un libro al que ellos denominan "Control de Proceso", permitiendo mediante esta metodología detectar posibles fallas para aplicar los respectivos correctivos en las producciones posteriores.

d.- Criterios de Tolerancia: Los rangos de tolerancia de la evaluación de la calidad de plantas, estarán en función de la frecuencia relativa con que ocurren los defectos, en función de los siguientes aspectos:

Tolerancia (%)	Medidas a Adoptar
< 5	La actividad es normal. Continuar con el arrancado.
5 – 10	Instruir al supervisor en el arrancado para que tome precauciones pertinentes
≥ 10	Detener actividad del equipo afectado y re-entrenar el personal

2.4.- Procesamiento de la Información

Los datos de vivero obtenidos y que han sido reportados en la planilla específica, pueden ser procesados en forma inmediata por el coordinador de calidad y sus resultados registrarlos en la planilla respectiva. Esta información permite la toma de decisiones en forma rápida con el equipo que ha sido evaluado.

En una forma más general, toda la información recolectada durante la jornada es procesada por la central de registro al final de la misma, utilizando para ello la herramienta de la informática El procesamiento de los datos permite obtener información de cada uno de los equipos arrancadores, la cantidad de plantas extraídas en el vivero por equipo y unidad de riego. Estos reportes deben estar disponibles a primeras horas de la mañana, a fin de tomar los correctivos necesarios.