



Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor

Volumen Uno Planeación, Establecimiento y Manejo del Vivero

Capítulo 2 Selección del Sitio

Contenido

| | Página |
|--|---------------|
| 1.2.1 Introducción | 29 |
| 1.2.2 Criterios Básicos para la Selección | 30 |
| 1.2.2.1 Áreas a cielo abierto | 30 |
| 1.2.2.2 Suministro constante de agua de riego de alta calidad | 30 |
| Evaluación de la calidad del agua | 31 |
| Estimación de los requerimientos de agua | 34 |
| 1.2.2.3 Fuente de energía confiable y económica | 37 |
| Disponibilidad y confiabilidad | 37 |
| Cantidad requerida y costo | 37 |
| Energía solar y otras fuentes alternas de energía | 37 |
| 1.2.2.4 Terrenos adecuados | 38 |
| 1.2.2.5 Restricciones ecológicas y políticas | 38 |
| Zonificación del uso del suelo y restricciones para construcción | 38 |
| Contaminación química potencial | 39 |
| 1.2.3 Criterios Secundarios para la Selección del Sitio | 41 |
| 1.2.3.1 Microclima favorable | 41 |
| 1.2.3.2 Topografía suave | 41 |
| 1.2.3.3 Disponibilidad de mano de obra estacional | 42 |
| 1.2.3.4 Accesibilidad | 42 |
| 1.2.3.5 Distancia a los mercados | 43 |
| 1.2.4 Evaluación de Sitios Alternos | 44 |
| 1.2.5 Resumen | 45 |
| 1.2.6 Literatura Citada | 46 |

1.2.1 Introducción

Una vez que la decisión para la construcción de un vivero forestal ha sido tomada, el constructor se enfrenta con el gran reto que implica la selección del sitio adecuado. Aunque los criterios de selección del sitio pueden ser bastante restrictivos, son menos demandantes que aquellos para viveros que producen bajo el sistema a raíz desnuda. Los viveros de contenedores pueden ser ubicados en sitios que serían completamente inapropiados para los de raíz desnuda, dado que las plantas se desarrollan en un sustrato artificial, y mediante estructuras y equipo que son capaces de modificar el ambiente físico.

El objetivo básico de cualquier operación en un vivero, es el de modificar el ambiente natural a fin de que las plantas puedan ser producidas rápida, eficiente y económicamente. Los viveros de contenedor ofrecen el potencial para una considerable modificación ambiental, sin embargo, tanto los costos de establecimiento como los de operación se incrementan con el grado de modificación. Existe una gran variedad de estructuras de propagación que pueden ser acopladas al sitio, por lo que es necesario contar con un conocimiento básico sobre el tipo de estructuras y el equipo para el control ambiental durante la evaluación del área (vea los Capítulos 3 y 4 de este volumen).

Un vivero de contenedor exitoso debe ser cuidadosamente acoplado a las condiciones ambientales del sitio; el diseño de un vivero para un sitio no necesariamente será el mejor para otro. Por lo tanto, los constructores deberán analizar el ambiente en cada sitio potencial, mediante la evaluación de los registros de tiempo atmosférico a corto y a largo plazo, además de realizar observaciones directas.

Los constructores deberán estar preparados para dedicar una buena cantidad de tiempo para la selección del sitio, ya que muchos problemas biológicos y de operación que se presentan en el vivero, son producto de problemas relacionados con dicho aspecto. Los sitios para el establecimiento de un vivero que han sido seleccionados por razones de tipo político o económico, frecuentemente fracasan por obviar algunos de los criterios críticos, y estas deficiencias limitan su éxito. El criterio biológico para la selección del sitio deberá ser siempre fundamental, sin embargo, los constructores deberán considerar también el contexto de los negocios.

Los aspectos que hay que observar en cuanto al sitio potencial para el establecimiento del vivero pueden ser divididos en factores críticos y factores deseables (tabla 1.2.1). Los factores críticos para la selección del sitio son aquellos esenciales para la operación exitosa de un vivero. Los atributos deseables, incluyen aquellos factores del sitio que no son absolutamente necesarios, pero que pueden incrementar la eficiencia y economía de la operación del vivero.

Tabla 1.2.1 Criterios para la selección del sitio.

| Factores críticos | Factores secundarios |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Acceso de radiación solar • Calidad del agua • Fuente confiable y económica de energía • Terreno adecuado • Aspectos ecológicos y políticos | <ul style="list-style-type: none"> • Microclima favorable • Topografía suave • Disponibilidad de mano de obra estacional • Accesibilidad • Distancia a los mercados |

1.2.2 Criterios Básicos para la Selección

1.2.2.1 Áreas a cielo abierto

Aunque pudiera no mencionarse, los viveros que producen en contenedor deben estar localizados en áreas con una buena iluminación natural, tanto en el transcurso del día como durante toda la estación de crecimiento. Usualmente se considera antieconómico proporcionar suficiente energía luminosa artificial para la fotosíntesis, así que los viveros de contenedor deberán ser ubicados donde reciban total radiación solar durante casi todo el día. Cualquier cantidad de sombra puede reducir la productividad y aumentar los costos. Esta situación se vuelve más crítica en las latitudes más al norte o en los lugares donde existen condiciones permanentes de nubosidad, pero también aplica en los lugares soleados, dado que es relativamente fácil proporcionar sombra si ésta es requerida.

Las áreas de crecimiento no deben ser afectadas por la sombra del arbolado o de edificaciones cercanas al vivero. Si los árboles serán cultivados durante todo un año, deberá determinarse el ángulo de inclinación del sol durante todas las estaciones del año, a fin de que las plantas siempre reciban luz solar (fig. 1.2.1). Walkern y Duncan (1974) proporcionan los cálculos de ingeniería para determinar la longitud de la sombra para varias latitudes, y Nelson (1991) recomienda como regla general, que los invernaderos deberán estar localizados a una distancia de al menos 2.5 veces la altura de cualquier objeto que se encuentre al este, oeste o sur. Las barreras rompevientos establecidas en el lado norte, pueden estar relativamente cerca, siempre que las hojas que caen no sean un problema.

1.2.2.2 Suministro constante de agua de riego de alta calidad

Después de la luz solar, un suministro confiable de agua de buena calidad resulta ser el factor más importante para la selección del sitio. De manera relativa, grandes cantidades de agua son requeridas por las plantas, y también para la regulación de la temperatura del ambiente de crecimiento. Las plantas en contenedor tienen muy pocas reservas de humedad, las cuales son limitadas por el volumen del contenedor, y por las propiedades de retención de humedad del medio de crecimiento (Davidson *et al.*, 1988), por lo que las plantas deberán regarse frecuentemente. En climas cálidos, el agua es además esencial para el enfriamiento por evaporación. En climas fríos, los productores pueden usar el agua de riego durante las primeras semanas de la primavera o las últimas semanas del otoño, para la protección de las plantas contra las heladas en instalaciones a cielo abierto.

Evaluación de la calidad del agua. La definición de calidad del agua es determinada por el uso que se le pretenda dar. El agua que sería completamente aceptable para propósitos domésticos o industriales, puede ser muy dañina para las plantas.

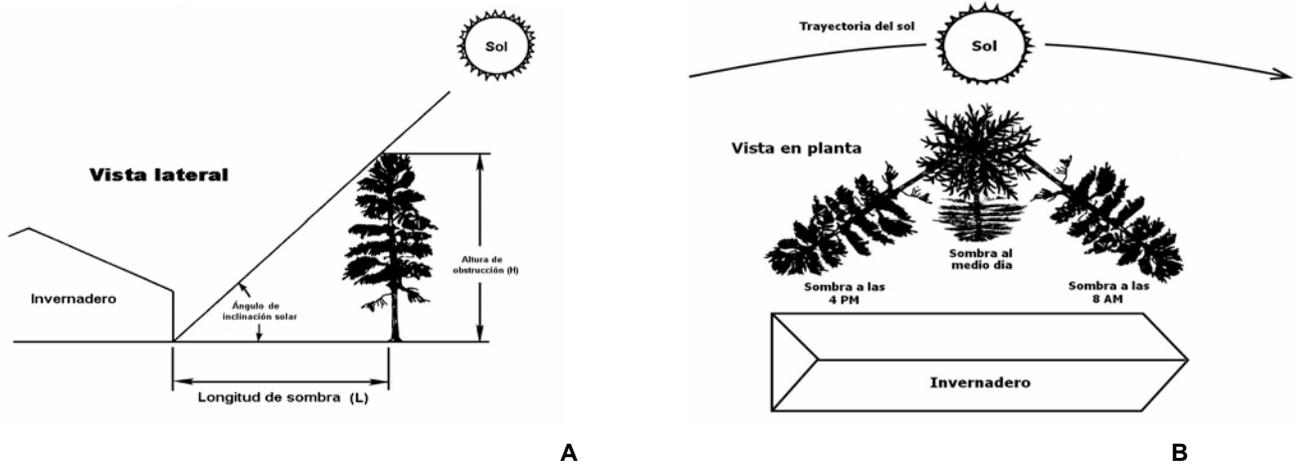


Figura 1.2.1 El cálculo del ángulo del sol en las diferentes estaciones del año es necesario para evitar sombras de objetos cercanos al invernadero (A). Las sombras incluso pueden cambiar de tamaño y posición durante el día (B). (modificado de Walker y Duncan, 1974).

Componentes de la calidad de agua. Para propósitos de evaluación del sitio para la ubicación del vivero, la calidad del agua es determinada por dos factores: las partículas suspendidas (sedimentos o plagas) y por las sales disueltas.

Partículas suspendidas y plagas. Son materiales inorgánicos como arcilla, cieno y partículas finas de arena, las cuales son muy pequeñas para permanecer suspendidas, por lo que deberán ser filtradas en forma mecánica o removidas mediante tratamientos químicos (Tchobanoglous y Schroeder 1985). Los sedimentos suspendidos son abrasivos y pueden desgastar rápidamente el equipo como bombas, inyectores de fertilizante y aspersores.

La fuente del agua de riego determina qué tipo de materiales suspendidos puede contener, y las fuentes comunes para viveros de contenedor incluyen las provenientes del sistema de agua potable, aguas superficiales y de pozos profundos. El agua proveniente del sistema de agua potable comúnmente es filtrada para remover partículas importantes, aunque esto debería ser verificado. El agua superficial comúnmente contiene cieno suspendido o partículas de arcilla, especialmente después de una fuerte lluvia, y dependiendo de las características del acuífero y del tipo de cubierta, incluso el agua proveniente de pozo puede contener arena. Aun y cuando los sedimentos inorgánicos suspendidos pueden ser fácilmente removidos de una fuente potencial de abasto, el costo del tratamiento del agua puede ser considerable, por lo cual deberá ser evaluado como parte de los costos del establecimiento.

Las plagas pueden también estar suspendidas en el agua. El agua de fuentes superficiales, especialmente de estanques en áreas agrícolas (fig. 1.2.2A) puede contener propágulos de plantas enfermedades potenciales para el vivero, las cuales incluyen semillas de malezas y esporas de hongos, algas, musgos y hepáticas. Filtros especialmente diseñados pueden remover objetos grandes, incluyendo semillas de malezas, algas y algunas esporas, pero el costo de los filtros se incrementa a medida que el tamaño de las partículas es más pequeño. La fuente de agua potable se encuentra regularmente bien filtrada, por lo que las plagas y enfermedades no resultarán ser un problema.

La cloración elimina efectivamente hongos patógenos, bacterias, algas y hepáticas. La cloración doméstica produce un nivel de cloro cercano a 1 ppm, el cual no es dañino para la mayoría de las plantas (Frink y Bugbee, 1987). El agua de riego puede ser clorada en el vivero, pero este tratamiento puede incrementar los costos del

establecimiento. El fluoruro es también adicionado a algunas fuentes de agua potable, a una tasa cercana a una parte por millón (1 ppm), para retardar la caries dental. Aunque algunos cultivos ornamentales han sido dañados por la fluoración (Nelson, 1991), las plantas cultivadas con propósitos forestales y de conservación son aparentemente más tolerantes. (La cloración, la filtración y otros posibles tratamientos al agua de riego son discutidos con mayor detalle en el volumen cuatro de este manual).

Sales disueltas. Muchos iones de diferentes minerales pueden estar disueltos en el agua a utilizar para el riego, pero incluso una agua clara puede contener sales dañinas. En las zonas costeras, los sitios potenciales para el vivero pueden tener aguas subterráneas contaminadas por la intrusión de agua salada (Nelson, 1991); en efecto, los viveros deberán de estar ubicados un poco más al interior, a fin de evitar problemas de toxicidad por iones de sodio (Na^+) y cloro (Cl^-) (fig. 1.2.2B). Algunos cationes, tales como los iones de calcio (Ca^{2+}) y de magnesio (Mg^{2+}) que se encuentran presentes en las aguas "duras", pueden ser problemáticos o benéficos, dependiendo de sus concentraciones. Niveles aceptables de calcio y magnesio pueden ser benéficos dado que son nutrientes para las plantas, además de que son comúnmente difíciles de formular en concentraciones líquidas de fertilizantes. Altas concentraciones causan depósitos o "sarro" en los aspersores y en otras superficies. Otros iones, especialmente aquellos de boro (B), pueden ser tóxicos a los cultivos de especies forestales en concentraciones menores a 1 ppm. El hierro (Fe) es un nutriente necesario para las plantas, pero sus altas concentraciones en el agua de riego pueden causar manchas desagradables en el follaje de la planta y en otras superficies del vivero (fig. 1.2.2C).

Evaluación de la calidad del agua. Se han publicado una gran cantidad de guías para la determinación de la calidad del agua, debido a los diferentes estándares que se aplican para cada propósito. Tanto la salinidad total como la concentración de iones individuales de sal, son importantes. Las concentraciones iónicas pueden ser expresadas como miligramos por litro (mg/l) o partes por millón (ppm), los cuales, para nuestro propósito, son equivalentes. La otra unidad estándar es miliequivalentes por litro (meq/l). (La definición de estas unidades y sus conversiones son comentadas en la sección 4.2.4 del volumen cuatro de este manual). Para propósitos de evaluación del sitio, se consideran cuatro factores de importancia:



A



B



C

Figura 1.2.2 Las fuentes potenciales del agua de riego deben ser probadas. El agua de estanques puede estar contaminada con hongos patógenos (A), y el agua subterránea puede contener altas concentraciones de sal, la cual puede quemar el follaje de las plantas (B). Otras fuentes de agua pueden contener iones de bicarbonato o hierro, los cuales pueden manchar las plantas y los contenedores (C).

pH. Este índice de acidez o alcalinidad relativa es el factor más frecuentemente discutido cuando se habla de calidad del agua, pero en términos de importancia hortícola, es sobreestimado. El nivel de pH del agua de riego común se encuentra cercano al valor neutral (pH de 6.5 a 7.5). La mayoría de las especies forestales crecen mejor con una acidez mediana, con niveles de pH de 5.0 a 6.0, además, soluciones ligeramente ácidas pueden ser fácilmente inyectadas mediante el sistema de riego para alcanzar los niveles deseados (tabla 1.2.2). Las aguas de riego con valores de pH menores a 6.0 son raras, pero el agua que excede el valor de 7.5 debe ser evaluada nuevamente. Estos valores altos del pH son comúnmente sintomáticos de concentraciones detrimentales de sodio.

Conductividad Eléctrica (CE). Este índice de salinidad mide la concentración total de iones disueltos, mediante el paso de una corriente eléctrica débil a través de la solución. Un medidor lee la conductividad eléctrica en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), lo cual es equivalente a microhoms por centímetro ($\mu\text{mho}/\text{cm}$); a medida que se incrementa la lectura las concentraciones de sal en la solución son mayores. El agua de riego con una CE de más de 1,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ es considerada muy salina para una producción exitosa en el vivero que produce en contenedores (tabla 1.2.2).

Iones tóxicos y metales pesados. En el agua de riego es muy común encontrar tres iones de sales que pueden ser tóxicos para las plantas en altas concentraciones: sodio (Na^+), cloro (Cl^-) y boro (B) (tabla 1.2.2). La contaminación del agua de riego con elementos como plomo, cromo, cadmio y mercurio, también puede ser un problema, dado que inclusive a bajas concentraciones pueden ser tóxicos para las plantas (U.S. Environmental Protection Agency, 1982). Las evaluaciones estándar de la calidad del agua no incluyen pruebas para estos elementos, por lo que es necesario realizar pruebas especiales si el sitio donde se pretende establecer el vivero tiene un historial de contaminación por metales pesados, o si el agua proviene de un acuífero que contiene minerales metálicos. El agua proveniente de plantas tratadoras de aguas residuales también puede estar contaminada por iones de metales

pesados. El agua además puede estar contaminada por muchos otros compuestos, incluyendo plaguicidas u otros químicos peligrosos. Sin embargo, las pruebas para químicos orgánicos como los pesticidas son extremadamente costosas, debido a que cada contaminante potencial demanda un procedimiento diferente.

Iones complementarios. Aunque no son tóxicos para las plantas, otros iones afectan en forma indirecta la calidad del agua de riego (tabla 1.2.2). El calcio (Ca^{2+}), el magnesio (Mg^{2+}), el sulfato (SO_4^{2+}) y el bicarbonato (HCO_3^-) afectan otros índices de calidad como la dureza y la alcalinidad, incluso el HCO_3^- puede causar manchas foliares. Además de ser nutrientes minerales, el Ca^{2+} y el Mg^{2+} pueden contrarrestar los efectos nocivos de los iones de Na^+ y Cl^- .

Otros índices. Algunos otros parámetros de la calidad del agua son reportados en la literatura:

- **Total de sólidos disueltos (TSD)**, es una antigua medida del total de salinidad, la cual a veces es llamada **total de sales disueltas**. El

TSD se calcula en forma sencilla, mediante las sumas de las concentraciones de los diferentes constituyentes disueltos (Hem,1992), y es reportado en partes por millón (ppm). Una lectura aproximada de la CE en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) pueden ser obtenidos dividiendo el TSD por 0.64.

- **Alcalinidad Total**, es otro índice tradicional de la calidad del agua, el cual es definido como la capacidad para neutralizar el ácido. En el agua corriente, la alcalinidad es producida en su totalidad por los iones de carbonatos y bicarbonatos, y la mayoría de las pruebas de agua reportan la alcalinidad como la suma de estos dos iones (Hem, 1992). La alcalinidad está estrechamente relacionada al pH, por lo que a mayor valor de esta última, será necesario aplicar más ácido para bajar el pH a niveles deseables. Cuando el agua de riego tiene tasas de alcalinidad total superiores a 100 ppm, llega a ser operativamente difícil bajar el pH a un intervalo ideal para el crecimiento de las plantas (Tayama, 1991).

Tabla 1.2.2 Estándares de calidad del agua para viveros que producen especies forestales en contenedor.

| Índice de calidad del agua | No exceder el límite* |
|-------------------------------------|--|
| pH | 6.0 a 7.5 † |
| Salinidad (conductividad eléctrica) | 1,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($\mu\text{mhos}/\text{cm}$) |
| Iones tóxicos | |
| Sodio (Na^+) | 50 ppm ‡ – 2.2 meq ‡ |
| Cloro (Cl^-) | 70 ppm – 2.0 meq |
| Boro (B) | 0.75 ppm – N/D |
| Iones complementarios | |
| Calcio (Ca^{2+}) | 100 ppm – 5.0 meq |
| Magnesio (Mg^{2+}) | 50 ppm – 4.3 meq |
| Sulfato (SO_4^{2+}) | 250 ppm – 5.2 meq |
| Iones que causan manchas foliares | |
| Bicarbonato (HCO_3^-) | 60 ppm – 1.0 meq |
| Dureza total (Ca + Mg) | 206 ppm – — |

* Estos valores consideran un sustrato poroso y con buen drenaje. El agua con bajas concentraciones de sales puede causar serios problemas si el drenaje es deficiente o si las prácticas de riego permiten la acumulación de sales.

† Los límites del pH del agua son relativamente fáciles de ajustar con la inyección de ácido (vea explicación en el texto).

‡ Una parte por millón (ppm) = 1 miligramo por litro (mg/l); la conversión entre miliequivalentes (meq) y ppm varía con el peso atómico y la carga eléctrica del ión. El Boro tiene diferentes y variadas formas iónicas en el agua de riego, por lo que no es posible hacer una conversión específica.

Fuente: La información proviene de varias fuentes, vea la tabla 4.2.7 en el volumen cuatro de este manual.

- **Dureza** es un término común para medir la calidad del agua, el cual se refiere al precipitado (“espuma”) formado por la reacción del jabón con los iones de calcio y magnesio en el agua. La mayoría de los análisis de agua reportan “la dureza total como el carbonato de calcio (CaCO_3)” mediante la combinación de las concentraciones de estos dos iones (Hem,1992). Aunque es muy útil para la determinación de la calidad del agua con fines domésticos (propósitos de limpieza) o industriales (grandes depósitos), los términos “duro” y “suave” no tienen usos prácticos para determinar la calidad del agua de riego. Sin embargo, el agua de riego utilizada en un vivero, nunca deberá ser “suavizada”, dado que este proceso reemplaza los iones de calcio y magnesio con iones de sodio. El agua corriente (doméstica) que ha sido ablandada, comúnmente contiene niveles de iones de sodio alto, suficiente para causar daños a las plantas producidas en el vivero.

Observaciones en el sitio. Aunque un análisis completo del agua de riego es siempre necesario, algunas observaciones básicas le pueden dar al constructor o planificador de viveros algunas pistas sobre su calidad. El agua que contiene grandes cantidades de sales comúnmente tiene un sabor pesado y único; si tiene un sabor salado, el cloruro es probablemente mayor a las 250 ppm (U. S. Environmental Protection Agency,1982). Costras blanquecinas en los grifos de los depósitos, indican altas concentraciones de bicarbonato de magnesio y calcio en el agua suministrada. Observe el esfuerzo y la cantidad de jabón que se requiere para generar espuma; si se requiere un mínimo esfuerzo o poco jabón y éste es difícil de enjuagar, el agua es relativamente “suave” y ésta contiene una alta concentración de sodio, comparado con el calcio y el magnesio. Un tono café o café-naranja indica altas concentraciones de hierro. Aunque este problema no es crítico para el crecimiento de las plantas, el agua con altos contenidos de hierro, eventualmente puede manchar los contenedores u otras superficies del mismo invernadero (fig. 1.2.2C). Un sabor u olor a azufre o a “huevo podrido”, indican la presencia de sulfuros, los cuales son tóxicos a altas concentraciones.

Colecta y análisis de muestras de agua para pruebas. Si se observa que el sitio para el establecimiento del vivero es adecuado, invariablemente deberá de realizarse un análisis del agua (fig. 1.2.3). Hay que estar conscientes de que la calidad del agua de diferentes fuentes en un sitio potencial para el vivero puede variar significativamente. El agua superficial puede ser

radicalmente diferente a aquella proveniente de un pozo, y aún la calidad puede cambiar de un pozo a otro. La calidad del agua de un río o arroyo cambia con las estaciones del año, por lo que las muestras deberán de colectarse varias veces durante todo el año. La calidad de una fuente de agua de riego es determinada por una amplia variedad de factores, por lo que es necesario realizar un análisis completo (tabla 1.2.2). Adicionalmente a los índices básicos de calidad del agua y a las concentraciones de iones tóxicos, las concentraciones de otros iones complementarios (específicamente calcio, magnesio y bicarbonatos) deberán también ser determinadas (los procedimientos para el muestreo del agua y una discusión más completa de su análisis son proporcionados en el volumen cuatro de este manual).

En resumen, el análisis del agua deberá contener la siguiente información:

- **Conductividad eléctrica:** Estima el contenido de sales totales, y sirve como un punto de partida para el seguimiento de cambios en la calidad del agua.
- **Iones específicos:** Mide las concentraciones de los tres principales iones tóxicos (sodio, cloro y boro), así como de otros iones complementarios que pueden afectar indirectamente la calidad (tabla 1.2.2). Otros metales pesados deberían ser analizados si se tiene la sospecha de algún problema.
- **pH.** Fácil de obtener pero raramente representa un problema que no pueda ser corregido. Motivo de preocupación y análisis futuros sólo si tiene valores mayores a 7.5.
- **Curva de titulación del ácido.** Da información cuantitativa sobre la cantidad de ácido que es necesario añadir al agua de riego para reducir el pH a niveles específicos. Cuando se realiza la titulación, es necesario asegurarse que se está utilizando el mismo ácido que será utilizado en el vivero, dado que diferentes ácidos varían en su capacidad de neutralizar la alcalinidad.

Estimación de los requerimientos de agua. Una vez que la calidad de la fuente de agua se ha verificado, deberá evaluarse tanto la cantidad total de agua disponible en cada estación del año, como la tasa a la cual esta agua puede ser suministrada. Se necesita contar con una estimación de la cantidad de agua requerida por el vivero durante todo el año (especialmente cuando se paga un derecho por el uso del agua), así como la tasa máxima de consumo para determinar la capacidad de la bomba para el riego, además de estimar los

requerimientos en cuanto a los estanques y cisternas de almacenamiento.



Figura 1.2.3 El primer paso para la determinación del área adecuada para el establecimiento de un vivero, es el coleccionar muestras del agua de riego de todas las fuentes potenciales y obtener su análisis completo.

Demanda total de agua. Durante el proceso de la evaluación del sitio, los constructores deberán calcular la cantidad total de agua de riego que será requerida en cada estación de crecimiento o durante todo el año. Adicionalmente a los requerimientos actuales, deberá realizarse una estimación de los requerimientos totales anuales cuando se hace una proyección de expansión del vivero a futuro. Si la primera opción de suministro no es confiable, es deseable evaluar una posible fuente alterna de suministro; por ejemplo, la disponibilidad de agua puede ser un verdadero problema en aquellos viveros con estructuras al aire libre, cuyas áreas de crecimiento requieren ser irrigadas durante la época de frío para evitar los daños por heladas (Appleton, 1986). Los viveros que cuentan con fuentes provenientes de aguas superficiales que se congelan, pueden optar por la perforación de un pozo para tener una fuente alterna de suministro.

La cantidad total de agua que un vivero que produce en contenedor requiere, estará en función de muchos factores, incluyendo el clima, el tipo de vivero, el sistema de riego, el volumen del contenedor y el patrón de uso de agua del cultivo. La demanda total es expresada en diferentes unidades, pero el volumen de agua que deberá suministrarse en un intervalo de tiempo, por unidad de área o por miles de plantas, es más útil para propósitos de planeación (tabla 1.2.3).

El agua también es necesitada para otros propósitos diferentes a la producción de planta, como puede ser el enfriamiento y usos domésticos y escénicos, por lo que la estimación de estos requerimientos deberá ser realizada con cálculos

comunes de ingeniería. Tinus y McDonald (1979) estimaron que un vivero cuya superficie de invernadero era igual a 464 m^2 (5,000 pies²) y con un área de sombreado de 695 m^2 (7,500 pies²), requiere de aproximadamente 3,800,000 litros/año (1,000,000 galones/año) para otros usos domésticos y del vivero.

Tasa de demanda de agua. Durante el proceso de evaluación del sitio, se requiere una estimación del pico de la tasa de uso de agua para determinar la salida de la bomba de riego. Por ejemplo, si el pico de uso del agua excede la tasa máxima de suministro del pozo, entonces se requerirá contar con estanques de almacenamiento de agua (fig. 1.2.4). La información del uso pico del agua podrá ser utilizada durante el establecimiento del vivero, para determinar el tamaño de las bombas de riego, de las tuberías de suministro y el diseño del sistema de riego en general (Aldrich y Bartok, 1989).

El pico de la tasa de uso podrá variar en forma significativa con diferentes tipos de sistemas de riego (aspersores, sistemas por goteo), así como con el diseño de los mismos. Aún y cuando el sistema de riego con aspersores fijos es el más común en nuestros días, en los viveros que producen en contenedor, los sistemas de riego móviles a base de aguillón están tomando cada vez mayor popularidad, ya que permiten una menor tasa de uso de agua. La creciente preocupación acerca de las descargas superficiales y la potencial contaminación de las aguas subterráneas, indudablemente requerirá incrementar la eficiencia del riego, con una correspondiente disminución en la tasa de demanda de agua.

Tabla 1.2.3 Demanda total de agua de riego para los viveros que producen en contenedor.

| Tipo de vivero | Volumen del contenedor | Demanda de riego por: | |
|--|---|--|--|
| | | Área de crecimiento | 1,000 plantas |
| Invernadero completamente automatizado | 41 cm ³ (2.5 pulgadas ³) | ---- | 45 l/semana (12 gal*/semana) |
| Invernadero completamente automatizado | 65 cm ³ (4 pulgadas ³) | ---- | 43 – 55 l/semana (11 – 14 gal*/semana) |
| Invernadero completamente automatizado | 164 cm ³ (10 pulgadas ³) | ---- | 57 – 190 l/semana (15 – 50 gal*/semana) |
| Invernadero completamente automatizado | 492 cm ³ (30 pulgadas ³) | ---- | 76 – 95 l/semana (20 – 25 gal*/semana) |
| Invernadero medianamente automatizado | 41 – 65 cm ³ (2.5 – 4 pulgadas ³) | 1,225 – 1,640 l/m ² /año (30 – 40 galones/pies ² /año) | ----- |
| Invernadero completamente automatizado con área de sombreado | 65 – 164 cm ³ (4 – 10 pulgadas ³) | 2,450 – 4,090 l/m ² /año (60 – 100 galones/pies ² /año) | ----- |

* gal = galón

Fuentes: Encuesta de Viveros en Contenedor, Hahn (1977), Mathews (1983), y Tinus y McDonald (1979).



Figura 1.2.4 Si el gasto del pozo o de las corrientes superficiales no es suficiente para satisfacer los requerimientos máximos de riego, será necesario construir embalses o tanques de almacenamiento.

Los requerimientos máximos de agua pueden ser expresados como el volumen de agua por unidad de área del espacio de crecimiento, por unidad de tiempo. La tasa total de uso de agua estimada para las instalaciones de un vivero específico, no implica asumir que el sistema completo del vivero operará en su totalidad al mismo tiempo, sin embargo, las estimaciones deberán reflejar condiciones extremas, en las cuales el sistema operaría a su máxima capacidad. Por ejemplo, si un tiempo atmosférico extremadamente cálido seca el sustrato tan rápido que toda el área de crecimiento deba regarse cada cuatro horas, para prevenir tensión hídrica severa, entonces el gasto máximo de agua será el que arroje el sistema con todos los aspersores abiertos al mismo tiempo. Una futura ampliación del vivero también deberá considerarse cuando se estima el gasto máximo de agua.

La forma tradicional para estimar el gasto máximo de agua en un sistema de riego por aspersión, es mediante el cálculo de la profundidad de agua en centímetros (o pulgadas) que debe ser aplicada al área de crecimiento durante un intervalo de riego, y después convertir esta profundidad a unidades de volumen por tiempo, esto es, litros por minuto (o galones por minuto) (Pair *et al.*, 1983). Por ejemplo, los viveros forestales que producen en contenedor pueden requerir agua a tasas cuyos intervalos oscilan entre 16 y 20 l/h/m² (0.4 a 0.5 gal/h/pie²) del área de crecimiento, usando contenedores de 20 cm de profundidad (8 pulgadas). Sin embargo, si se está considerando el utilizar contenedores grandes, entonces se necesitará aplicar una mayor cantidad de agua en el mismo intervalo de tiempo, y las boquillas con mayor gasto causarán un incremento proporcional en la tasa máxima de uso del agua. Es decir, si se utilizan contenedores de 30 cm de profundidad (12 pulgadas), entonces el gasto máximo de agua se incrementará a 30 l/h/m² (0.75 gal/h/pie²) en el área de producción (Tinus y McDonald, 1979).

Los gastos máximos deberán de considerar todos los posibles usos de agua que se pueden dar en un mismo tiempo: producción, enfriamiento, paisaje y usos domésticos. Asumiendo una tasa de aplicación de 20 l/h/m² (0.5 gal/h/pie²) para un invernadero de 464 m² (5,000 pies²), el gasto máximo podrá ser de 11,800 l/h (3,125 gal/h) o cerca de 200 l/min (52 gal/min) (Tinus y McDonald, 1979). Los autores calcularon otros usos en el vivero de 150 l/min (40 gal/min). Por lo tanto, después de sumar el agua a utilizar en la producción con el de otros usos en el vivero, el gasto total requerido será de aproximadamente 378 l/min (100 gal/min).

1.2.2.3 Fuente de energía confiable y económica

Los viveros que producen en contenedor requieren relativamente grandes cantidades de energía, aunque las necesidades exactas podrán variar con el clima, la clase de instalaciones para la propagación, el grado de sofisticación de los equipos para el control ambiental, y el tipo y época del cultivo. Las instalaciones completamente automatizadas requieren de grandes cantidades de combustible para el calentamiento y electricidad para la operación del equipo del control ambiental. Aún los viveros que producen en instalaciones al aire libre, requieren de energía eléctrica para la operación del sistema de riego y otros equipos adicionales. La disponibilidad de cantidades relativamente grandes de energía es un aspecto tan importante en la operación de los viveros que producen en contenedor, que otros factores del sitio pueden verse comprometidos para tener una ubicación con buen acceso a los servicios (Hanan *et al.*, 1978). Consecuentemente, la disponibilidad y la confiabilidad, así como la cantidad y costo de las diferentes fuentes de energía en el lugar potencial para el establecimiento de un vivero, son factores fundamentales en la selección del sitio.

Disponibilidad y confiabilidad. Todos los viveros que producen en contenedor requieren energía eléctrica para operar los sistemas de enfriamiento y calentamiento, así como para operar otro tipo de equipos. Aunque el tipo de servicio de energía eléctrica variará de acuerdo al diseño, el servicio trifásico (240 voltios) es el más eficiente para motores grandes, por lo cual es el más recomendable, si se puede disponer de éste (Davidson *et al.*, 1988). Para determinar la demanda de energía eléctrica, es necesario considerar el número y tamaño de los motores eléctricos, alumbrado, equipo para el control ambiental y otros equipos y actividades que demanden el uso de electricidad. Aldrich y Bartok (1989) proporcionan cartas que dan una idea general de los requerimientos de electricidad, pero también se puede consultar con un especialista para obtener una estimación más precisa. Hay que recordar que es necesario considerar una futura expansión. Si no se cuenta con un servicio apropiado en la ubicación seleccionada, entonces el costo por la introducción de una nueva línea de energía eléctrica deberá de ser incluido en la estimación de los costos para el establecimiento del vivero. La confiabilidad del servicio de energía eléctrica varía de un lugar a otro, por lo que será deseable informarse con otros tipos de negocios locales, sobre los problemas potenciales que pueden presentarse. Aún y cuando todos los viveros que producen en contenedor deben contar

con una fuente o generador de energía de respaldo, para el caso de fallas en el suministro de la energía durante períodos cortos, no es posible aceptar problemas periódicos del suministro de energía.

Dado que el calentamiento no es necesario en climas moderados, la electricidad es la única fuente de energía que es requerida. Sin embargo, en áreas con bajas temperaturas, los viveros demandan una fuente adicional de energía para la operación de los calentadores. Aunque la electricidad puede utilizarse para el calentamiento de las instalaciones de las áreas de crecimiento, esta fuente de energía es siempre más costosa, comparada con otras fuentes alternas. La mayoría de los combustibles comunes como el gas natural, propano y gasolinas, han sido utilizados para el calentamiento de los viveros, por lo que cada constructor deberá de considerar la disponibilidad y costo de cada uno de estos combustibles en el área seleccionada. La practicidad y costo de la distribución del combustible al vivero también deberán ser considerados; el gas natural es posible que no esté disponible en ciertas localidades, pero el propano y las gasolinas pueden ser distribuidos en la mayoría de los sitios. Algunos viveros calientan sus instalaciones con fuentes alternas de energía, tales como la madera, el aceite reciclado y el calor residual (para mayor información sobre los combustibles, vea el capítulo tres de este volumen).

Cantidad requerida y costo. Para comparar los costos relativos de las diferentes fuentes de energía, deberá de realizarse una estimación de los requerimientos de energía de las instalaciones propuestas para el vivero. En los invernaderos tradicionales, el mantenimiento de la temperatura a niveles ideales para la propagación de plantas, es por mucho la operación que demanda más energía. El calentamiento demanda grandes cantidades de energía en los viveros que están establecidos en zonas templadas, consumiendo entre 70 y 85% del presupuesto total para energía. El enfriamiento es la operación que ocupa el segundo lugar en cuanto a la demanda de energía, utilizando entre un 5 a 10% del total de energía requerida (Roberts *et al.*, 1989).

La cantidad de energía requerida para mantener las instalaciones de crecimiento a una temperatura óptima, está en función del tipo de sistema de calentamiento y de la tasa de pérdida de calor. Los cálculos de pérdida de calor consideran factores como el área del invernadero, el tipo de estructura y de cubierta, así como el clima predominante en la zona. Un ejemplo para su cálculo puede ser encontrado en las publicaciones sobre

invernaderos, incluyendo a Aldrich y Bartok (1989) y a Roberts *et al.* (1989). Cameron (1982) presenta un análisis a detalle de los requerimientos de energía para producir especies forestales en la época invernal, en las provincias marítimas de Canadá.

Energía solar y otras fuentes alternas de energía. Siempre deberá de considerarse el uso potencial de otras fuentes de energía, diferentes a los combustibles fósiles, durante la selección del sitio para el establecimiento del vivero. Los invernaderos han sido diseñados para captar energía solar, por lo que la orientación de las instalaciones de producción tiene una importancia fundamental que deberá ser considerada (ver la sección 1.2.2.1). La posibilidad de utilizar la energía solar como única fuente de calor, ha sido ampliamente analizada (Plan de Servicio del Medio Oeste, 1983), pero aún el invernadero con el diseño más sofisticado requerirá una fuente complementaria de energía. Aún y cuando está limitada a ciertos sitios, la energía geotérmica es otra fuente potencial de energía para el calentamiento de invernaderos (White y Williams, 1975), pero esta opción puede ser muy cara, a menos que las circunstancias sean muy favorables (McDonald *et al.*; 1976). Instalándolos junto a plantas de energía o grandes industrias, los invernaderos pueden hacer uso del calor residual que es derivado de los procesos de éstas (White, 1976). Aunque estas fuentes alternas de energía deberán ser consideradas mientras existan las oportunidades, el uso de los combustibles tradicionales continuará siendo la fuente de energía más común para la mayoría de las localidades.

1.2.2.4 Terrenos adecuados

La superficie seleccionada para el establecimiento del vivero, deberá ser lo suficientemente grande para contener las áreas de crecimiento y las diferentes instalaciones, con la finalidad de permitir un flujo eficiente del equipo y las materias primas. La forma del terreno puede ser más importante que la misma superficie, dado que los invernaderos tienden a ser instalaciones elongadas. En forma adicional a las necesidades inmediatas, el planeador deberá evaluar los sitios potenciales para el establecimiento del vivero en cuanto a superficie, pensando que existan necesidades futuras de ampliación. En efecto, Nelson (1991) recomienda que se busquen áreas con al menos el doble de superficie estimada para el área de producción. Se recomienda ampliamente hacer un croquis de las posibles áreas de expansión sobre planos del sitio, incluyendo los caminos de acceso y las construcciones de apoyo. Es mucho más fácil

vender excedentes de terrenos en algún momento futuro, que tratar de adquirir un área para una posible expansión, o intentar operar desde dos sitios diferentes. Muchos de los viveros han sido desarrollados en áreas rurales, solamente para encontrarse rodeados por las construcciones urbanas pocos años después (fig. 1.2.5).



Figura 1.2.5. Los viveros que fueron originalmente establecidos en el perímetro de áreas urbanas, comúnmente son rodeados por el crecimiento de las ciudades (Cortesía de Tim McConnell, Servicio Forestal de los Estados Unidos).

1.2.2.5 Restricciones ecológicas y políticas

Estos factores de selección del sitio no eran considerados hasta hace algunos años, sin embargo, han llegado a ser uno de los criterios de evaluación más críticos. La legislación restrictiva del uso del suelo y su preocupación sobre el uso de plaguicidas, así como la potencial contaminación del suelo y aguas subterráneas, han dado como consecuencia la reducción del número de sitios adecuados para el establecimiento de un vivero.

Zonificación de uso del suelo y restricciones para construcción. Muchas áreas, especialmente aquellas alrededor de los centros de población, cuentan con leyes para la parcelación urbanística del terreno y algunas inclusive, prohíben o restringen cierto tipo de negocios. En general, los viveros han sido considerados como cultivos agrícolas y, por lo tanto, pueden ser construidos donde se permite la agricultura, sin embargo, los constructores y diseñadores deberán de comunicar sus planes a las autoridades locales, sólo para estar seguros. El tipo de vivero es también una consideración importante, ya que algunos gobiernos locales restringen algunos tipos de infraestructura de propagación que pudieran ser establecidos en un sitio. Los diseñadores de viveros deberán de tener la capacidad de predecir los cambios en la zonificación a futuro, mediante el análisis y estudio de los patrones de desarrollo de

las regiones circundantes (Nelson,1991). Incluso es una muy buena idea el intercambiar opiniones con los vecinos potenciales, ya que existen propietarios que han estado más involucrados con las cuestiones de zonificación local. Esto no es sólo un problema en las áreas urbanas, ya que muchos ciudadanos se han mudado hacia el campo y con frecuencia objetan cualquier tipo de nuevas construcciones o desarrollo. Esto puede ocurrir incluso en áreas que han sido zonificadas con anterioridad para actividades agrícolas o establecimiento de invernaderos (Roberts,1992).

Muchas comisiones de zonificación requieren que el constructor del vivero presente un plan de construcción detallado y un plano, además que algunas veces es importante el punto de vista de la sociedad. Es necesario estar concientes de que todo esto puede tomar un tiempo considerable. Este proceso puede durar desde tres meses hasta tres años (en el caso de los Estados Unidos) para solventar todos los permisos burocráticos y obtener los permisos necesarios para la construcción (Roberts,1991). Y aún, si se han logrado conseguir los permisos necesarios, los costos pueden ser muy restrictivos, especialmente para los viveros de contenedores que requieren de una gran cantidad de pequeñas estructuras. Aunque los invernaderos generalmente son clasificados como infraestructuras temporales, algunos municipios catalogan a los invernaderos con cubiertas plásticas como estructuras permanentes (Boodley,1981). Una discusión completa sobre los decretos de zonificación y como éstos pueden afectar el establecimiento y la operación de un vivero, es proporcionada por Bartok y Aldrich (1989).

Además de proporcionar información sobre los códigos de construcción y restricciones de zonificación el empleado del municipio (Condado para el caso de los Estados Unidos) puede proporcionar valiosos consejos sobre otros tipos de permisos, leyes de impuestos y licencias para negocios, que pudieran afectar la viabilidad del establecimiento de un vivero en una zona determinada (Davidson *et al.*,1988). Una ciudad en el Estado de California (Estados Unidos), recientemente ha introducido un nuevo impuesto por impacto al comercio, agregando US \$21.5 por m² (US \$2.0 por pie²) al costo de construir cualquier nuevo edificio (Roberts, 1991). Algunos gobiernos locales fomentan el establecimiento de viveros, clasificándolos como negocios agrícolas, los cuales tienen ciertas protecciones contra el incremento de impuestos resultado de futuras rezonificaciones.

Contaminación química potencial. El destino de los productos químicos utilizados en la agricultura y la posibilidad de contaminación del suelo y el agua, deben ser considerados durante la selección del sitio para el vivero. Los principales contaminantes agrícolas que son asociados con las operaciones del vivero son plaguicidas (y sus residuos), nitratos y fosfatos. Los plaguicidas y los nitratos pueden afectar la salud del hombre, y los nitratos y fosfatos pueden significar una verdadera amenaza a la calidad general del agua a través de la eutroficación. Dado que los viveros que producen en contenedor comúnmente aplican la mayoría de sus plaguicidas y fertilizantes a través del sistema de riego, los excedentes de agua tienden a fugarse hacia el suelo en cada una de las aplicaciones al cultivo (fig 1.2.6A). El agua de riego que corre fuera del sitio legalmente es conocida como **descarga**, la cual está siendo regulada en muchas áreas del país (Landis *et al.*,1992). Por ejemplo, la preocupación por la contaminación agrícola en el oeste del estado de Óregon, en los Estados Unidos, dio como resultado el "Plan de Manejo del Agua de Riego de los Viveros en Contenedor", que da a los viveros dos opciones: eliminar todas las descargas al suelo, u obtener un permiso para dichas descargas (Grey,1991).

Los constructores de viveros deberán dirigir una auditoría ambiental del área potencial para el establecimiento del vivero, a fin de determinar los niveles de referencia de los contaminantes potenciales y definir el potencial de problemas futuros (Aylsworth,1993). Los viveros que han sido construidos en suelos ya contaminados, pueden ser responsables de toda contaminación resultante, por lo que muchas áreas requieren una auditoría ambiental antes de que se apruebe el préstamo para la adquisición de una nueva propiedad. Es necesario establecer comunicación con las agencias u oficinas agrícolas y para la protección ambiental y, si hay preocupación, será deseable contratar a un profesional para realizar pruebas al suelo y agua (Kammel,1991). Existen nuevas técnicas para el manejo de contaminación agrícola. Algunos viveros visionarios han sido construidos en áreas que cuentan con instalaciones para el tratamiento de agua, incluyendo estanques de recirculación (Skimina,1992) y formación de lagunas de oxidación (Dumroese *et al.*,1992) (fig. 1.2.6B). El desarrollo de lagunas de oxidación y otras instalaciones para el tratamiento de agua, requiere de superficies considerables, lo cual debe ser tomado en cuenta durante la evaluación de la selección del sitio para el vivero, y sus costos de construcción también deberán ser incluidos en los planes para el desarrollo del sitio.



A



B

Figura 1.2.6 El manejo de los escurrimientos superficiales del agua de riego en los viveros de contenedor es un problema creciente, por la contaminación potencial (A). Una solución innovadora es el tratamiento de las descargas de riego mediante la construcción de lagunas de oxidación (B).

1.2.3 Criterios Secundarios para la Selección del Sitio

Aunque no son tan importantes como los criterios discutidos en la sección anterior, los siguientes factores deberán ser considerados durante la evaluación del sitio para el vivero. Estos pueden incrementar fuertemente la eficiencia de las operaciones del vivero y reducir sus costos.

1.2.3.1 Microclima favorable

El sitio para el futuro vivero debe ser abierto y protegido, con un clima lo más homogéneo posible (fig. 1.2.7A). Dentro de cualquier área geográfica, los viveros deben de estar ubicados en terrenos que no tengan problemas de temperaturas extremas o fuertes vientos (Davidson *et al.*,1988). Por otra parte, se requiere que exista un grado de viento moderado para la ventilación durante las épocas calurosas (Hahn,1982). Los árboles del extremo de barlovento del vivero pueden actuar como rompevientos naturales y proteger contra vientos dañinos o acumulación de nieve, siempre y cuando no sombreen el área de cultivo (fig. 1.2.7B). Sin embargo, los árboles u otro tipo de obstrucciones en los límites más bajos del sitio, sirven como barreras a la circulación del aire frío, por lo que los valles o cualquier otro tipo de áreas bajas deben de evitarse, dado que en éstas es muy fácil que el aire frío se estacione (Nelson,1991).

Obviamente, los terrenos cercanos a las industrias o cualquier otro tipo de instalaciones que puedan generar posibles contaminantes, nunca deben ser considerados para el establecimiento de un vivero. La contaminación del aire es un creciente y serio problema en áreas urbanas o industriales, por lo que ningún vivero deberá estar ubicado en áreas confinadas, donde se acumula el “smog” fotoquímico debido a la escasa circulación del aire (Davidson *et al.*,1988).

1.2.3.2 Topografía suave

La topografía general de un sitio potencial es importante por razones económicas y biológicas. Un sitio relativamente plano reduce el costo de nivelación del terreno durante la construcción e incrementa la facilidad para el movimiento de equipo, materias primas, materiales y vehículos después de que el vivero ha sido establecido (Nelson,1991). Las pendientes con exposición sur (en el hemisferio norte) son preferidas, dado que es posible captar una mayor cantidad de radiación solar, reduciendo con ello los costos para el calentamiento (fig. 1.2.7A); esto llega a ser más crítico en aquellas localidades donde los costos de la energía son altos (Boodley,1981). Los viveros

modernos deberán ser diseñados de forma tal que el agua de riego excedente pueda ser colectada y reciclada, haciendo deseable una topografía con ligera pendiente.



A



B

Figura 1.2.7 Un sitio adecuado para el vivero deberá tener la mayor exposición solar, además deberá estar protegido del viento y contar con una ligera pendiente para facilitar la colecta del agua excedente (A). En áreas expuestas, una adecuada barrera rompevientos puede proporcionar protección contra el viento y movimiento de la nieve (B).

1.2.3.3 Disponibilidad de mano de obra estacional

El éxito de un vivero que produce en contenedor depende de la calidad de la mano de obra disponible (Boodley, 1981). En forma adicional al personal técnico permanente, un vivero requiere de mano de obra confiable y habilidosa para aquellos periodos del proceso durante el año, que demandan gran cantidad de trabajo, en donde tareas como la siembra o la selección deben ser realizadas en un período muy corto (fig 1.2.8). Durante el proceso de evaluación del sitio, una buena idea es contactar con una agencia de empleo local y con otros negocios agrícolas en la región, a fin de conocer la disponibilidad de la mano de obra y sus grados de habilidad. Es preciso informarse sobre las demandas estacionales de la mano de obra en la región y comparar los patrones temporales con los propios requerimientos. La existencia de otros empleadores de tiempo parcial de los trabajadores puede ser una ventaja, si los otros negocios son capaces de utilizar la mano de obra en los momentos en que el vivero demanda pocos trabajadores. Sin embargo, debido a los permanentes problemas con la disponibilidad de trabajadores locales, algunos viveros están experimentando dar a contrato aquellas tareas que demandan mucha mano de obra (Davidson *et al.*, 1988).

El número de empleados requeridos depende del tamaño y de la complejidad de las operaciones. En promedio y como una regla práctica, se necesita de un trabajador por cada 200,000 plantas, y al menos un supervisor técnico por cada 3,000,000 de plantas. Los viveros también pueden considerar la contratación de una persona adicional, como un supervisor auxiliar.



Figura 1.2.8 La mano de obra local debe ser adecuada para satisfacer al vivero durante los periodos críticos, tales como la cosecha y el empaclado.

1.2.3.4 Accesibilidad

Un buen sitio debe ser accesible para los suministros de las materias primas del vivero y para la entrega de planta. La gran mayoría de los suministros de los viveros que producen en contenedor son entregados en camiones, los cuales demandan de caminos transitables durante todo el año, y que permitan el acceso de embarque de las plantas hacia rutas y carreteras importantes. Los caminos de acceso no deberán tener fuertes pendientes o curvas cerradas que puedan limitar una operación segura de vehículos grandes. La limitación por peso puede ser una restricción en algunas partes del país (Estados Unidos), por lo cual se deberá verificar esta situación con el departamento local de caminos (Davidson *et al.*, 1988). Los suministros básicos y servicios de mantenimiento deberán estar disponibles en lugares cercanos. Los lugares alejados pueden repercutir en el costo de suministro de las materias primas, particularmente en aquellos sitios donde los combustibles son requeridos periódicamente (Nelson, 1991).

Una buena ubicación requerirá de un sistema de caminos que sean transitables todo el año, tanto para el manejo de los suministros como para la entrega de la planta (fig. 1.2.9A). Para proyectos forestales y de conservación, la “época de plantación” es determinada por la disponibilidad de humedad en el suelo o cuando el sitio por plantar está libre de escarcha (para aquellos lugares con presencia de nieve en épocas invernales), por lo que, con frecuencia, las plantas deben ser cosechadas y empaçadas durante las estaciones de lluvias y nevadas (fig 1.2.9B). Para los viveros con clientes en terrenos montañosos, la entrega de planta puede realizarse durante varios meses; por ejemplo, los viveros del Pacífico Noroeste inician la entrega de planta durante febrero en terrenos costeros de baja altitud, y continúan la entrega hasta los meses de mayo o junio, en aquellos sitios montañosos que ya no presentan nevadas. Por lo tanto, un sitio adecuado para el vivero debe ser accesible en cualquier época del año.

Los viveros también deberán ser accesibles para los trabajadores, especialmente para aquellos empleados “clave” que responden en situaciones de emergencia. A pesar de lo bien que haya sido diseñado un vivero para una operación confiable, existirán momentos en los cuales los trabajadores “clave” deberán tener la capacidad de responder en horas o incluso minutos. Si la accesibilidad es un problema potencial, entonces será necesario proveer dormitorios en el sitio, y este costo deberá ser considerado durante la evaluación del sitio.

1.2.3.5 Distancia a los mercados

La distancia entre la ubicación potencial del vivero y los centros de entrega también es un factor que debe ser considerado. El constructor o planeador deberá ubicar a los clientes potenciales e informarse sobre las necesidades y requerimientos de planta. En algunas situaciones, los demandantes deberán acudir a recoger la planta al mismo vivero, sin embargo, otros esperan que el vivero sea quien les envíe la planta hacia un punto de almacenamiento intermedio o, inclusive, al mismo sitio de plantación. La mayoría de las grandes agencias gubernamentales o empresas forestales, cuentan con sus propios sistemas de transporte refrigerado y las instalaciones adecuadas para el almacenamiento, pero los clientes pequeños muy probablemente requieran que la entrega de planta se realice directamente en los sitios de plantación. Una pequeña cantidad de viveros realizan sus entregas mediante servicios de entrega especializados. En estos casos, los costos de transporte y la confiabilidad de las diferentes compañías de transporte también deberán ser evaluados.

La entrega de planta puede presentar un interesante dilema cuando se trata de ubicar un vivero forestal: si ubicar las instalaciones en un clima favorable donde los costos de calentamiento y otro tipo de servicios son bajos, o si seleccionar una ubicación más remota, donde los costos de entrega son mínimos. En forma tradicional, los viveros han sido ubicados en terrenos cercanos a los sitios de plantación para minimizar las distancias de transporte, pero con los actuales vehículos de entrega o remolques refrigerados, lo anterior ya no es necesario. Por supuesto, el costo de entrega se incrementa con la distancia, lo que puede representar un problema potencial, por lo cual todos estos aspectos deberán evaluarse cuidadosamente (ver sección 1.1.4.3 para una mayor discusión).



A



B

Figura 1.2.9 Los viveros requieren de buenos caminos internos que permitan la operación del equipo para el manejo de los suministros y para la carga de planta (A); estos caminos deberán ser transitables en cualquier época del año (con lluvias o nevadas) (B).

1.2.4 Evaluación de Sitios Alternos

Todos los diferentes factores para la selección del sitio en una variedad de áreas potenciales deben ser considerados analíticamente. Algunas veces uno o dos factores son tan importantes que la selección es obvia, pero comúnmente cada sitio tiene tanto sus aspectos positivos como negativos, por lo cual la decisión se hace más difícil. En estos casos, los diferentes sitios y los criterios de selección deberán ser incluidos en una matriz de decisión, como la presentada en el proceso de decisión denominado Kepner-Tregoe (Kepner y Tregoe, 1965).

La matriz de decisión (tabla 1.2.4) es construida mediante un listado de los diferentes sitios potenciales para el establecimiento del vivero (en la parte superior de la matriz) y por los criterios para la selección del sitio en el extremo izquierdo. El siguiente paso es asignar a cada criterio de selección un valor de importancia o “ponderado”, en una escala de 1 a 10, recibiendo las máximas calificaciones los factores más críticos, y los de menor importancia, valores progresivamente más

bajos. Acto seguido, la conveniencia de cada ubicación potencial es evaluada y calificada en una escala del 1 al 10, basándose en la información que ha sido obtenida. Una vez que se han completado todos los valores, los datos de cada celda de la matriz son calculados mediante la multiplicación de la ponderación de cada factor del sitio seleccionado, por el valor de cada sitio. Finalmente, los valores son sumados para cada sitio y, si la ponderación y los valores han sido asignados en forma objetiva, entonces el mejor sitio para el establecimiento del vivero será aquel que tenga la máxima calificación. Si todos los sitios llegan a tener valores muy similares, entonces el proceso deberá repetirse, poniéndose un mayor cuidado en la calificación para la obtención de la ponderación relativa y en la calificación de los factores. Si aún así los valores resultantes se siguen manteniendo homogéneos, los diferentes sitios son probablemente adecuados para el establecimiento del vivero.

Tabla 1.2.4 Matriz de decisión para la evaluación de diferentes sitios potenciales para el establecimiento del vivero

| Criterio para la selección del sitio | Valor del “peso ponderado”** | Sitio A | | Sitio B | | Sitio C | |
|--------------------------------------|------------------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|
| | | Índice | Puntuación Ponderada | Índice | Puntuación Ponderada | Índice | Puntuación Ponderada |
| Factores críticos | | | | | | | |
| Adecuado acceso de radiación solar | 10 | 9 | 90 | 7 | 70 | 9 | 90 |
| Calidad del agua | 9 | 9 | 81 | 7 | 63 | 4 | 36 |
| Suministro de agua | 8 | 10 | 80 | 8 | 64 | 9 | 72 |
| Disponibilidad de energía | 8 | 9 | 72 | 9 | 72 | 10 | 80 |
| Terreno adecuado | 7 | 8 | 56 | 8 | 56 | 10 | 70 |
| Restricciones de zonificación | 7 | 10 | 70 | 6 | 42 | 8 | 56 |
| Reglamentación ecológica | 6 | 9 | 54 | 7 | 42 | 9 | 54 |
| Factores secundarios | | | | | | | |
| Microclima | 6 | 9 | 54 | 8 | 48 | 9 | 54 |
| Topografía | 5 | 10 | 50 | 9 | 45 | 10 | 50 |
| Disponibilidad de mano de obra | 4 | 9 | 36 | 8 | 32 | 10 | 40 |
| Accesibilidad | 4 | 8 | 32 | 6 | 24 | 8 | 32 |
| Distancia al mercado | 3 | 9 | 27 | 7 | 21 | 10 | 30 |
| Totales | | | 702 | | 579 | | 664 |
| Ubicación deseable | | | #1 | | #3 | | #2 |

* Las ponderaciones son valores de importancia relativa del 1 al 10, con el 10 como valor de calificación máximo

1.2.5 Resumen

La selección de un sitio adecuado para la instalación de un vivero forestal es un gran reto. El vivero exitoso que produce en contenedor deberá acoplarse cuidadosamente a las condiciones ambientales de la zona, por lo que los diseñadores deberán analizar cuidadosamente los datos estadísticos climáticos del lugar. Un sitio potencial consiste de factores críticos y deseables. La selección de los factores críticos para el establecimiento, como son las áreas abiertas para la captación de la radiación solar y una buena calidad de agua, son esenciales para la exitosa operación de un vivero. Los atributos deseables incluyen aquellos criterios de selección que no son absolutamente necesarios, pero que pueden incrementar la eficiencia y economía de la operación. La cantidad de terreno seleccionado para el establecimiento de un vivero que producirá en contenedor, deberá ser lo suficientemente grande para las áreas de producción y las edificaciones e instalaciones de apoyo, además de que deberá permitir un adecuado movimiento de equipo, materiales y suministros. Aparte de las necesidades inmediatas, los diseñadores deberán evaluar los sitios potenciales, partiendo de la base de contar con espacio para una posible ampliación futura. Los factores ecológicos y políticos, como son la zonificación del uso del suelo y la preocupación sobre el uso de plaguicidas y la potencial contaminación de las aguas subterráneas, han ocasionado una reducción significativa en el número de sitios adecuados para el desarrollo de un vivero. Una vez que se disponga de un conjunto de sitios potenciales, estos requerirán ser comparados analíticamente. Algunas veces uno o dos factores son tan importantes que la selección resulta obvia, sin embargo, cada sitio tiene sus ventajas y desventajas. El uso de una matriz de decisión puede apoyar al planificador para analizar los diferentes sitios y lograr una decisión objetiva.

1.2.6 Literatura Citada

- Aldrich, R.A.; Bartok, J.W. Jr. 1989. Greenhouse engineering. Pub. NRAES-33. Ithaca, NY: Cornell University, Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 203 p.
- Appleton, B.L. 1986. Container nursery design. Chicago: American Nurseryman Publishing Co. 122 p.
- Aylsworth, J.D. 1993. Get ready for an environmental audit. *Greenhouse Grower* 11(5): 73-74,76.
- Bartok, J.W., Jr.; Aldrich, R.A. 1989. Greenhouses and local zoning ordinances. Pap. 89-4031. In: Proceedings, International Summer Meeting of American Society of Agricultural Engineers and Canadian Society of Agricultural Engineering; 1989 June 25-28; Quebec City, PQ. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers. 8 p.
- Boodley, J.W. 1981. The commercial greenhouse. Albany, NY: Delmar Publishers. 568 p.
- Cameron, S. I. 1982. Conserving energy in Container greenhouses. In: Scarrat, J.B.; Glerum C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian containerized Tree seedling Symposium; 1981 September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre : 91-103.
- Davidson, H.; Mecklenburg, R.; Peterson, C. 1988. Nursery management: administration and culture. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 413 p.
- Dumroese, R.K.; Page-Dumroese, D.S.; Wenny, D.L. 1992. Managing pesticide and fertilizer leaching and runoff in a container nursery. In: Landis, T.D., tech. Coord. Proceedings, Intermountain Forest Nursery Association; 1991 August 12-16; Park City, UT. Gen. Tech. Rep. RM-211. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 27-33.
- Frink, C.R.; Bugbee, G.J. 1987. Response of potted plants and vegetable seedlings to chlorinated water. *HortScience* 22(4) : 581-583.
- Grey, D. 1991. Eliminate irrigation runoff: Oregon's new plan. The digger [Portland, OR: Oregon Association of Nurserymen] March 1991:21-23, 26.
- Hahn, P.F. 1982. Practical guidelines for developing Containerized nursery programs. In: Guldin, R.W.; Barnett, J.P., eds. Proceedings, Southern containerized Forest Tree Seedling Conference. 1981 August 25-27; Savannah, GA. Gen. Tech. Rep. SO-37. New Orleans: USDA Forest Service Southern Forest Experiment Station: 97-100.
- Hanan, J.J.; Holley, W.D.; Goldsberry, K.L. 1978. Greenhouse management. New York: Springer-Verlag. 530 p.
- Hem, J.D. 1992. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. Geological Survey Water-Supply Pap. 2254. Washington, DC: USDI Geological Survey. 263 p.
- Kammel, D.W. 1991. Site selection. In: Kammel, D.W.; Noyes, R.T.; Riskowsky, G.L.; Hoffman, V.L., eds. Designing facilities for pesticide and fertilizer containment. Pub. MWPS-37. Ames, IA: Iowa State University, Agricultural and Biosystems Engineering Department: 5-8.
- Kepner, C.H.; Tregoe, B. B. 1965. The rational manager. New York: McGraw Hill. 252 p.
- Landis, T.D.; Campbell, S.; Zensen, F. 1992. Agricultural pollution of surface water and groundwater in forest nurseries. In: Landis, T.D., tech. Coord. Proceedings, Intermountain Forest Nursery Association; 1991 August 12-16; Park City, UT. Gen. Tech. Rep. RM-211. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 1-15.
- Matthews, R.G. 1983. Seedling production for crown lands in British Columbia: guidelines for commercial container nurseries. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forests, Silviculture Branch, 45 p.
- Midwest Plan Service. 1983. Structures and environment handbook, 11th ed. Pub. MWPS-1. Ames, IA: Iowa State University.

- McDonald, S.E.; Austin, C.F.; Lott, J.R. 1976. Potential for heating western tree seedling greenhouses with geothermal energy. Missoula, MT: USDA Forest Service, Missoula Equipment and Development Center. 15 p.
- Nelson, P.V. 1991. Greenhouse operation and management, 4th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 612 p.
- Pair, C.H.; Hinz, W.H.; Frost, K.R.; Sneed, R.E.; Schiltz, T.J. 1983. Irrigation, 5th ed. Arlington, VA: The Irrigation Association. 686 p.
- Roberts, D.R. 1992. I Object !: greenhouse owners voice discontent with building codes, zoning quirks. *Greenhouse Manager* 11(1):75-76; 78-80.
- Roberts, D.R. 1991. Code confusion. *Greenhouse Manager* 10(1) :52, 54, 56.
- Roberts, W.J.; Bartok, J.W., Jr.; Fabian, E.E.; Simpkins, J. 1989. Energy conservation for commercial greenhouses. Pub. NRAES-3. Ithaca, NY: Cornell University, Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 42 p.
- Skimina, C.A. 1992. Recycling water, nutrients, and waste in the nursery industry. *HortScience* 27(9): 968-971.
- Tayama, H. 1991. Test irrigation water to ensure acceptable pH, alkalinity levels. *Greenhouse Manager* 10(6):119.
- Tchobanoglous, G.; Schroeder, E.D. 1985. Water quality: characteristics, modeling, modification. Reading, MA. Addison-Wesley Publishing Company. 768 p.
- Tinus, R.W.; McDonald, S.E. 1979. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses. Gen. Tech. Rep. RM-60. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 256 p.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1982. Manual of individual water supply systems. Pub. EPA-570/9-82-004. Washington, DC: US EPA, Office of Drinking Water. 155p.
- Van Erden, E. 1982. The fundamentals of container seedling production. In: Scarratt, J.B.; Glerum C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling Symposium; 1981 September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre: 83-90.
- Walker, J.N.; Duncan, G.A. 1974. Greenhouse location and orientation. Pub. AFN-32. Lexington, KY: University of Kentucky, Department of Agricultural Engineering. 4 p.
- White, J.W. 1976. Use of heat from electrical generating plants for heating greenhouses. Wheeling, IL: Ikes-Braun Glasshouse Co. 4 p.
- White, D.E.; Williams; D.L. 1975. Assessment of geothermal resources in the United States. Circ. 726. Arlington, VA: USDI Geological Survey. 155 p.

