

FERTIRRIEGO POR INUNDACIÓN: UNA OPCIÓN PARA AHORRAR AGUA EN VIVEROS FORESTALES

Fanny Libertad González Torralva^{1*}; Miguel Ángel López López¹

¹Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56264 Montecillo, Texcoco, Edo. de México, México.

gonzalez.fanny@colpos.mx - 951 154 9006 (*Autor de correspondencia)

Resumen

Para la producción de planta en viveros forestales tecnificados se utilizan grandes cantidades de agua y fertilizantes, lo que incide en el aumento de los costos de producción e impactos ecológicos. Ante esto, es necesario generar alternativas que permitan optimizar el uso del agua y de los fertilizantes en los viveros forestales. El objetivo del presente proyecto fue implementar un sistema de fertirriego por inundación para la producción de planta de *Abies religiosa*, *Pinus patula*, *Pinus montezumae*, *Pinus greggii* var. *australis* y *Cupressus lindleyi*, y disminuir el consumo de agua y fertilizantes en un vivero forestal ubicado en el Ejido Santa Catarina del Monte, Texcoco, Estado de México. Las semillas se colectaron en los bosques del Ejido en marzo del 2024 y se sembraron en almácigos en mayo del mismo año. El trasplante se realizó en junio del 2024, en charolas de poliestireno rellenas con turba (peat moss), perlita y vermiculita en proporción volumétrica 60:30:10, teniendo un total de 5,929 plantas. Para los riegos se prepararon 1100 litros de la solución nutritiva propuesta por Landis (1989) al 150% de concentración con 0.5 g L⁻¹ Captan®, inundando las cajas de crecimiento una vez a la semana durante 90 minutos. Posteriormente, la solución nutritiva retorna al tinaco de almacenamiento, para ser reutilizada. Se estimó que el consumo de agua durante todo el ciclo de producción (ocho meses) sería de 2,732 L, (0.46 L por planta).

Palabras claves: Vivero forestal, solución nutritiva, consumo de agua.

Introducción

La disminución de la disponibilidad de agua es un tema que preocupa a todas las sociedades del mundo por tratarse de un recurso indispensable para la vida; sin embargo, múltiples procesos de la actividad humana se caracterizan por utilizar el recurso de manera ineficiente (Fernández 2012).

La mayoría de los viveros forestales tecnificados en México operan con sistemas de riego o fertirriego por aspersión o microaspersión, mientras la totalidad de viveros rústicos, lo hacen con sistemas manuales, mediante el uso de mangueras o regaderas cuando se trata de viveros pequeños. Este tipo de sistemas de riego/fertirriego implican un uso ineficiente del agua y

materiales fertilizantes, toda vez que el desperdicio de agua puede alcanzar hasta el 72 % (Dumroese *et al.*, 2006).

Ramírez *et al.* (2022) reportaron un ahorro de agua superior a 50 % en un sistema de subirrigación para producción experimental de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham., mientras que otros estudios realizados en México reportan valores variables del ahorro de agua. Así, Ramírez *et al.* (2022), encontraron que el sistema de aspersion (regadera) consumió 219 % más agua que el sistema de subirrigación, mientras que Juárez (2023) determinó un consumo de agua 207 % superior en un sistema de aspersion (regadera), comparado con un sistema de inundación utilizado para la producción de *Pinus montezumae* Lamb.

El presente estudio describe un sistema de producción de planta de diversas especies de coníferas, el cual opera bajo un sistema de fertirriego por inundación, con fines de producción de planta forestal para abastecer el programa de reforestación del ejido Santa Catarina del Monte, en Texcoco, Estado de México.

Materiales y Métodos

Se llevó a cabo la instalación de un vivero forestal con sistema de fertirriego por inundación, en el Ejido Santa Catarina del Monte, en Texcoco, Estado de México. (19°28'43.9" norte 98°46'21.1" oeste).

La construcción del Vivero Forestal Hidropónico Santa Catarina del Monte se realizó con materiales comúnmente utilizados en viveros tecnificados a fin de facilitar el acceso a los mismos y en su momento, lograr la réplica de los viveros con el sistema de fertirriego. Actualmente, el vivero está operando satisfactoriamente con los siguientes componentes (Figura 1):

- 1) *Techo*: Constituido por un invernadero rústico de bajo costo, construido con tubos PVC (bases) y CPVC (arcos).
- 2) *Cajas de crecimiento*: Son cajas de madera de 15 m de largo por 80 cm de ancho y 25 cm de altura, forradas con plástico de invernadero. Estas cajas funcionan como camas de crecimiento.
- 3) *Soportes de retención*: Son barras de madera instaladas sobre las charolas de unicel, cuyo objeto es evitar la flotación de las charolas y provocar la inundación del sustrato.
- 4) *Charolas de crecimiento*: Son charolas de unicel (poliestireno) de 77 cavidades de 160 mL c/u. Las charolas son de 60 cm de largo, 35 cm de ancho y 16 cm de altura.
- 5) *Depósito de solución nutritiva*: Tinaco con 1100 L de capacidad, colocado por debajo del nivel del piso de los cajones de crecimiento.
- 6) *Bomba de agua*: Es una bomba sumergible de 1/3 HP, colocada en el interior del depósito de solución nutritiva. Se utiliza para forzar la solución nutritiva hacia los cajones de crecimiento.
- 7) *Tubería de abastecimiento*: Son tubos cpvc de 3/4", utilizados para conducir la solución nutritiva desde el depósito hasta las cajas de crecimiento.

- 8) *Tubería de drenaje*: Son mangueras o tubos PVC que conducen la solución nutritiva desde las cajas de crecimiento hasta el depósito. Éstos funcionan de manera automática por efecto sifón, una vez que el nivel de la solución nutritiva en las cajas de crecimiento ha inundado las charolas hasta nivel deseado.



Figura 1. Vivero para producción de planta forestal con sistema de inundación, establecido en el Ejido Santa Catarina del Monte, Texcoco, Estado de México.

La producción de especies como *Abies religiosa* Kunth Schltl. et Cham., *Pinus patula*, *Pinus montezumae*, *Pinus greggii* var. *australis* Donahue y López-Upton. y *Cupressus lindleyi* Klotzsch ex Endl., se lleva a cabo en charolas de unicel (poliestireno) de 77 cavidades, las cuales se colocaron dentro de dos cajas de madera con dimensiones de 15 x 0.80 x 0.25 m (largo, ancho y alto, respectivamente). Estas cajas fueron forradas con plástico de invernadero y se utilizaron como camas de crecimiento. El sustrato utilizado es una mezcla de peat moss + perlita + vermiculita en una relación 60:30:10, respectivamente. Para el abastecimiento nutrimental se empleó la solución nutritiva desarrollada por Landis (1989) al 150 %, adicionando 0.5 g L⁻¹ de Captán® (Tabla 1).

Tabla 1. Solución nutritiva propuesta por Landis (1989), para especies de coníferas.

Nutrimento	Concentración en la solución nutritiva (ppm)		
	Crecimiento Inicial	Crecimiento exponencial	Endurecimiento
N	50	150	50
P	100	60	60
K	100	150	150
Ca	80	80	80
Mg	40	40	40
S	60	60	60
Fe	4.0	4.0	4.0
Mn	0.8	0.8	0.8
Zn	0.32	0.32	0.32
Cu	0.15	0.15	0.15
B	0.5	0.5	0.5
Cl	4.0	4.0	4.0

López-López et al. (2023) indican que esta solución nutritiva fue insuficiente para el correcto abastecimiento de *Pinus pseudostrobus* L. en un sistema de inundación. Por esta razón, en el presente proyecto se decidió utilizar la solución a una concentración de 150 %, adicionando además 0.5 g L⁻¹ de Captan® (fungicida). La cantidad de solución nutritiva preparada para la cantidad de planta en proceso de producción es de 1,100 L.

Para la puesta en marcha del sistema de fertirriego, primero se colocaron las charolas con plántulas dentro de las cajas de crecimiento. La solución nutritiva fue almacenada en un tinaco con capacidad de 1100 L bajo el nivel del suelo y, con la ayuda de una bomba sumergible colocada dentro del tinaco, la solución es conducida a través de tuberías de alimentación hacia las cajas de crecimiento. Cuando el nivel de la solución alcanza un determinado nivel en la caja de crecimiento, inicia el vaciado de las cajas y la solución retorna a la cisterna de almacenamiento por efecto de sifón. En la Figura 2 se muestra el diagrama del sistema de fertirriego por inundación para la producción de planta.

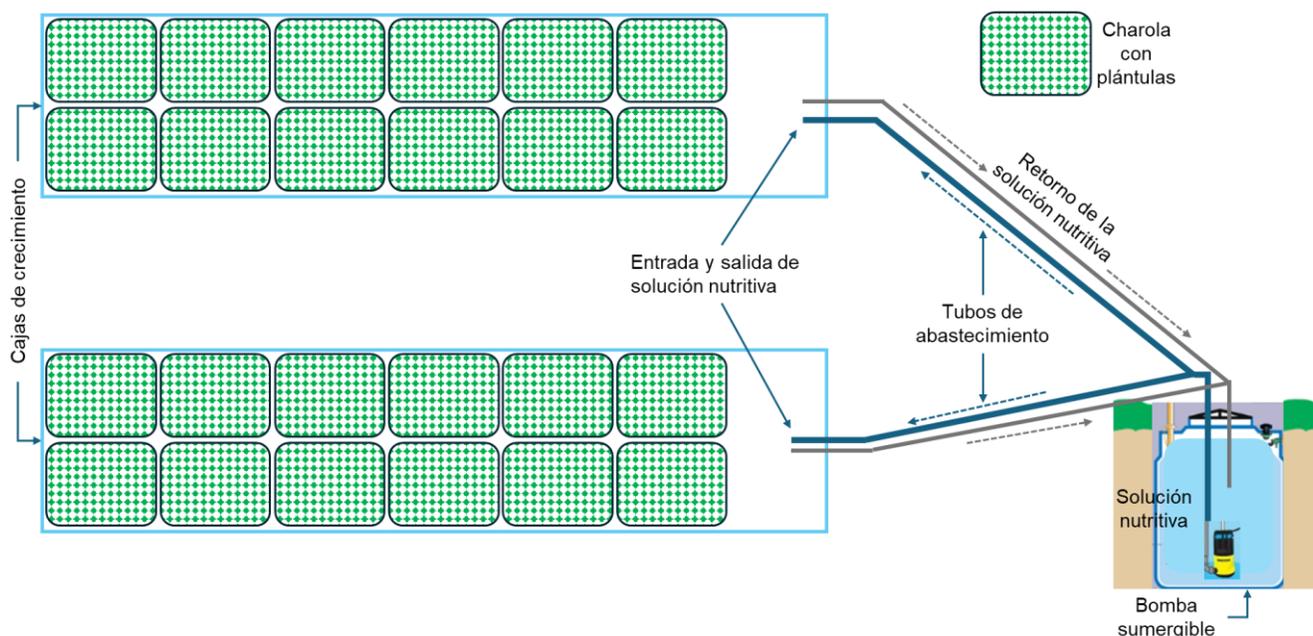


Figura 2. Diagrama del sistema de fertirriego por inundación.

Cabe señalar que para mantener en óptimas condiciones la solución nutritiva, es necesario revisar periódicamente el pH y conductividad eléctrica de la misma, los cuales se mantienen en 6.97 y 1.42, respectivamente (Figura 3).

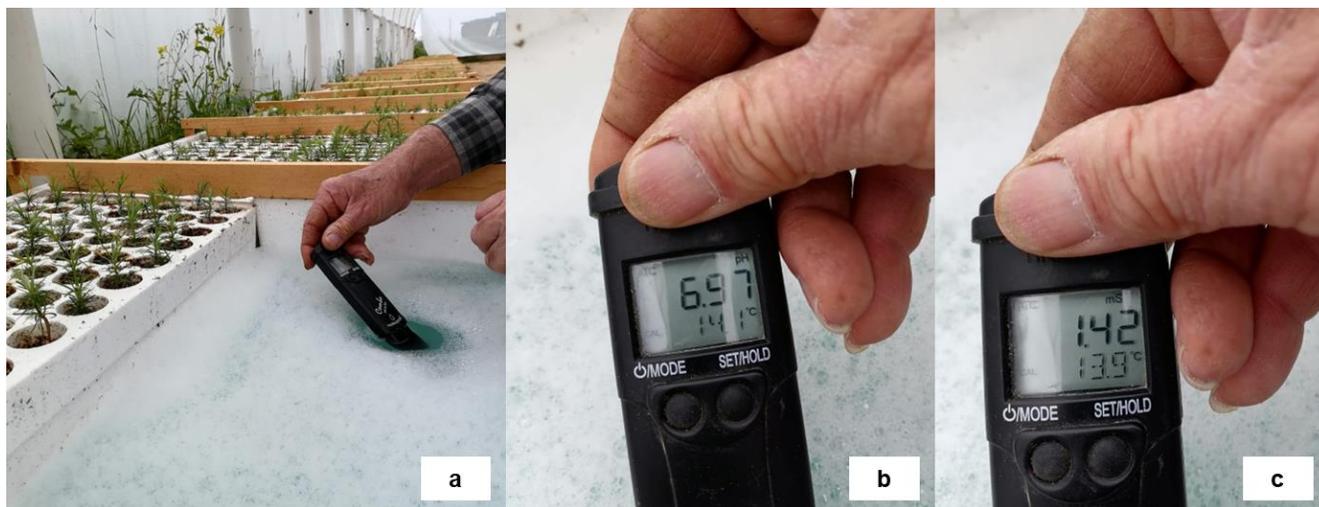


Figura 3. Cajas de crecimiento llenas de solución nutritiva (a); medición de pH (b) y conductividad eléctrica (c).

Resultados y Discusión

La instalación de las charolas con plántula de las especies mencionadas se realizó el 1 de julio del 2024. Las inundaciones con la solución nutritiva de iniciación (Landis, 1989) comenzaron el 10 de agosto y se continuó aplicándolas hasta el 10 de septiembre del 2024. A partir de esa fecha se ha estado inundando con la solución de crecimiento rápido o exponencial (Tabla 1), y la planta muestra adecuadas tasas de crecimiento (Figura 3).

Dependiendo de las tasas de crecimiento que se registren en los próximos meses y de las proyecciones de las dimensiones de las plantas, la solución nutritiva de crecimiento rápido actualmente en uso permanecerá o se cambiará por la de lignificación, cuya función es detener el crecimiento de las plantas y promover la lignificación de los tejidos. Este ajuste a las soluciones nutritivas se hará para controlar las tasas de crecimiento durante el invierno y evitar una desproporción entre la parte aérea y la parte radical de las plantas, ya que el tamaño de las cavidades de las charolas es limitado.

La solución nutritiva para crecimiento rápido es la que permanece por mayor tiempo en uso. Por ese motivo, es sujeta a una mayor remoción de nutrientes por parte de las plántulas. En consecuencia, para evitar el desbalance de la solución mencionada, con base en la tasa de crecimiento de las plantas (Martínez 2024), mensualmente se hace una estimación de la cantidad removida de cada uno de los nutrientes de la solución nutritiva y se agrega los nutrientes faltantes.

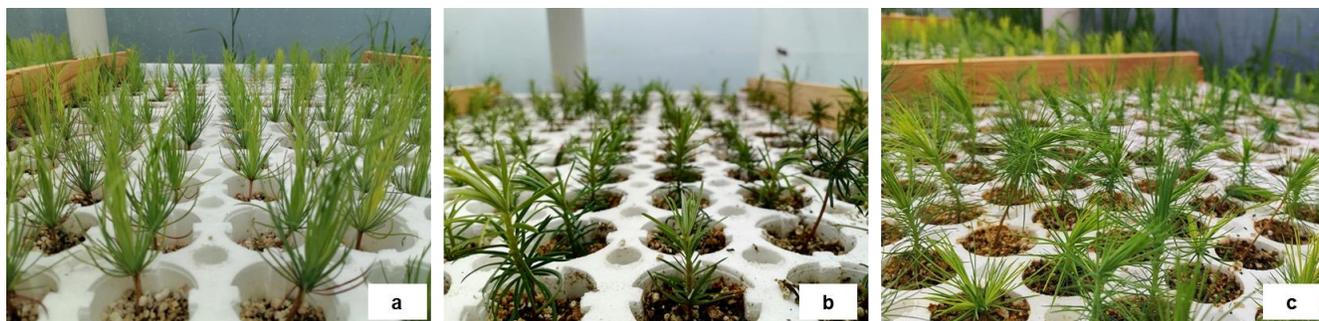


Figura 4. Condición actual de las plantas de: a) *Pinus montezumae*; b) *Abies religiosa*; c) *Pinus greggii* var. *australis* Donahue y López-Upton, en el vivero Forestal Hidropónico Santa Catarina del Monte.

El consumo de agua en el sistema de inundación varía con la temporada del año como lo hace la evapotranspiración dentro del invernadero. El registro de este consumo se evalúa al momento de rellenar el depósito de solución nutritiva, antes de la aplicación de cada inundación.

$$CA = \sum_{i=1}^{tc} (PAE)$$

(1)

CA = Consumo de agua (L)

i = Número de evento de inundación

tc = Total de eventos en el ciclo de producción

PAE= Pérdidas de agua por evapotranspiración (L)

De acuerdo con la fórmula anterior y considerando que el ciclo de producción durará hasta el mes de junio del año 2025, el consumo de agua en el vivero con riego por inundación será de aproximadamente 2,732 L durante todo el ciclo de producción. Esto equivale a 0.46 L por planta, considerando que la producción en proceso es de 5,929 plantas. Este volumen de agua es muy bajo, comparado con el reportado por Marques-Bueno et al. (2020), quienes estudiaron el consumo de agua por parte de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake, *Cytherexylum myrianthum* Cham. y *Ceiba speciosa* Ravenna a 230 días en condiciones de vivero con riego por goteo en Brasil, encontrando valores de 70.0, 50.3 y 52.7 L por planta para las especies estudiadas, respectivamente. A su vez, Ramírez et al (2022) y Juárez (2023) reportan un ahorro de agua mediante sistemas de inundación, de aproximadamente 50 %, con respecto al sistema de aspersión con regadera.

Los resultados del presente estudio indican que el sistema de fertirriego por inundación es una opción efectiva para lograr un uso mucho más eficiente del agua, comparado con el sistema de fertirriego de mayor uso en viveros forestales de México y el mundo.

En lo relativo a la calidad de la planta producida en sistemas de fertirriego por inundación, el Vivero Forestal Hidropónico de Santa Catarina del Monte cuenta con planta muy pequeña aún, por lo que la evaluación de calidad de la planta sería difícil de realizarse debido a que no existen estándares para planta forestal de esas dimensiones. Sin embargo, los estudios previos realizados mediante este sistema de fertirriego indican que es posible lograr planta de igual o aún mejor calidad que la producida en viveros con sistemas de fertirriego por aspersión (Ramírez et al., 2022; López-López et al., 2023; Juárez, 2023; Martínez 2024).

Conclusiones

La implementación de la producción de planta con sistema de fertirriego por inundación promete mejorar la eficiencia en el uso de agua, lo cual es mandatorio, especialmente en zonas con limitaciones de este recurso, además de disminuir la contaminación del suelo por fertilizantes.

El Ejido Santa Catarina del Monte, tendrá la capacidad de abastecer las plantas necesarias en las campañas de reforestación.

Referencias Bibliográficas

- Dumroese, K. R., J. Pinto R., D. Jacobs F., A. Davis S and B. Horiuchi. 2006. Subirrigation reduces water use, nitrogen loss, and moss growth in a container nursery. *Native Plants Journal* 7(3): 253-261.
- Fernández C. A. 2012. El agua: un recurso esencial. *Revista Química Viva* 11(3): 147-170. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

- Juárez M, F. 2023. Sistemas de fertirriego y sustratos en la producción de planta de *Pinus montezumae* Lamb. Tesis de Maestría en Ciencias. Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados. 42 p.
- Landis, T. D. 1989. Mineral nutrients and fertilization. In: Landis, T. D., R. W. Tinus, S. E. McDonald and J. P. Barnett (eds.). The container tree nursery manual, Volume 4, Seedling Nutrition and irrigation. *Agricultural Handbook* 674. Washington, D. C., USA. pp.1-67.
- López-López, M. A., L. E. Martínez-Velasco, F. L. González-Torralva, K. Ramírez-Galicia, G. M. Valencia-Trejo, R. R. Hernández-Valera, A. Sánchez-Guerrero y F. Juárez-Mirón. 2023. Innovaciones al sistema de fertirriego en viveros forestales y transferencia de la tecnología. In: INIFAP. 2023. Ciencia y tecnología para un campo productivo y sustentable. Medellín, Ver. pp. 1959-1973.
- Martínez V. L. E. 2024. Comportamiento inicial de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en campo, en relación a factores de manejo en vivero. Tesis de Maestría en Ciencias, Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de postgraduados. 75 p.
- Ramírez Galicia, K., López López, M. Á., Cetina Alcalá, V. M., & Mohedano Caballero, L. 2022. A prototype for a forest nursery with fertigation by sub-irrigation. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(74), 174-185.