

Revista Electrónica Nova Scientia

Diagnóstico de la calidad del agua en los viveros forestales de México

Diagnosis of water quality of the forest nurseries in Mexico

**J. Valentín Gutiérrez García¹, Miriam Olvera España¹,
Dante Arturo Rodríguez Trejo¹, Arnulfo Aldrete², David
Cibrián Tovar¹, Cirilo Rodríguez Méndez² y Salvador
Castro Zavala⁷**

¹ División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México

² Programa Forestal, Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo

³ Vivero San Luis Tlaxialtemalco, Gobierno de la Ciudad de México

México

Dante Arturo Rodríguez Trejo. E-mail: dantearturo@yahoo.com

Resumen

Introducción: Un vivero forestal debe contar con abundante provisión de agua de calidad. El agua de características deficientes puede contener sales, iones tóxicos, contaminantes o fitopatógenos. No obstante, en México la calidad del agua en dichos viveros ha recibido poca atención. Por ello, se planteó como objetivo realizar un diagnóstico de la calidad del agua en viveros forestales de México.

Método: En 148 viveros forestales ubicados en la República Mexicana que producen planta en contenedor o en bolsa, fueron obtenidas muestras de 1 L de agua. Éstas se analizaron en el Laboratorio Central de la Universidad Autónoma Chapingo. Fueron estimados los parámetros de pH, conductividad eléctrica, concentración de bicarbonatos, calcio, boro, magnesio, sulfatos, sodio y cloro. Con los datos obtenidos se calculó la dureza total y la relación ajustada de adsorción de sodio (esta última para viveros que producen en bolsa).

Resultados: Los parámetros que excedieron los límites establecidos fueron: pH con 84% (125 viveros), conductividad eléctrica con 34% (50 viveros), y concentración de bicarbonatos con 77% (114 viveros); en el resto de los parámetros medidos sólo un pequeño porcentaje está por arriba de los valores estándar. De todos los viveros, seis que producen en contenedor y dos que producen en bolsa, cumplen con los parámetros de calidad de agua, el resto tienen por lo menos un valor que no cumple con los límites establecidos.

Conclusión: Con base en la proporción de viveros de cada región ecológica, la región templada sobresale con pH y bicarbonatos en altas concentraciones, y la región tropical húmeda presenta valores elevados en conductividad eléctrica. Se recomienda siempre seleccionar la ubicación del vivero entre otros factores, para contar con una fuente de agua de calidad.

Palabras Clave: viveros forestales; calidad del agua; calidad de planta; producción de árboles

Recepción: 23-09-2015

Aceptación: 09-02-2016

Abstract

Introduction: A forest nursery must be provided with abundant water of good quality water. The water with low quality may contain salts, toxic ions, pollutants or diseases. However, in Mexico the quality of water in forest nurseries has received little attention in research. Because of that in this work is performed a diagnosis of the water quality in forest nurseries of Mexico.

Method: In 148 containerized forest nurseries ubicated in Mexico, 1 L irrigation water samples were obtained. Such samples were analyzed in the Central laboratory of the Universidad Autónoma Chapingo. From the samples were determined the parameters pH, electric conductivity, concentration of bicarbonates, Ca, B, Mg, sulfates, Na and Cl. With the obtained data was calculated the total hardness and the adjusted sodium adsorption ratio (this last for nurseries that produce the trees in plastic bags).

Results: The parameters that exceded the established limits were: pH (84%, 125 forest nurseries), electric conductivity (34%, 50 forest nurseries), and bicarbonate concentration (77%, 114 nurseries); for the rest of measured parameters, only a small percentage excedes the limit values. From all of the forest nurseries, six that produce in containers and two that produce in plastic bags, fulfill the parameters of quality of water. The rest of nurseries have at least one parameter out of the established limits.

Conclusion: Most of the forest nurseries in the temperate region have water with high pH and bicarbonates, while high proportion of those in tropical regions have water with high electric conductivity. It is convenient to choose a good location for the establishment of forest nurseries, in order of having availability of a source of good quality water.

Keywords: forest nurseries, water quality, seedling quality, tree production.

Introducción

Existen diversos factores a considerar para la producción de planta de diferentes especies forestales en vivero, como es el sitio de establecimiento, la selección de la especie y la procedencia, el tipo de contenedor, el sustrato, la fertilización, y el riego. A pesar de los esfuerzos por producir planta de calidad, el riego se realiza muchas veces desconociendo la calidad del agua para riego; sin embargo, existe poca información sobre este tema para viveros forestales, pues en México no se le ha dado suficiente importancia.

El agua tiene muchas funciones fundamentales en la planta, de hecho participa en todos los procesos fisiológicos. Es la sustancia más abundante de la célula vegetal, en especial de los tejidos en su fase de crecimiento activo, en los que constituye más del 80% del peso fresco total cuando no están lignificados. El agua es el principal medio de transporte de metabolitos a nivel celular, y disuelve iones y metabolitos orgánicos polares. A nivel de la planta, representa el medio de transporte de carbohidratos, nutrimentos y fitohormonas. A causa de las altas concentraciones de solutos, las células vegetales ejercen presión positiva (turgencia) contra las paredes celulares, lo que representa un mecanismo de soporte para los vegetales, además provoca que se lleve a cabo la transpiración (Lambers *et al.* 1998).

En los viveros forestales, se utilizan diferentes sistemas de riego para abastecer a las plantas con el líquido vital, como medio para aplicar fertilizantes y pesticidas, para reducir la temperatura y para abatir el riesgo de daños por heladas. Con el agua se lavan acumulaciones de sales que se presentan en las plántulas, de modo que así se previenen quemaduras a las hojas. En algunos casos, el control del riego puede servir como apoyo en la prevención y control de enfermedades forestales.

La calidad del agua se define por sus características físicas, químicas y biológicas. Los factores físicos y químicos son los de mayor importancia en aguas utilizadas para riego. Dicha calidad cambia según el tipo de sales disueltas, su cantidad y su movilidad, entre otros factores (Cuevas 1995). Otro factor de importancia es el pH, pues afecta la disponibilidad de los nutrimentos (Waring y Running 1998). Por otra parte, también debe considerarse la presencia de iones tóxicos, como el Na^+ y el Cl^- (Landis *et al.* 1989).

Son pocos los esfuerzos que se han hecho para diagnosticar la calidad del agua en los viveros del país y de muchos países. Debido a su relevancia en la producción de planta, el objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad del agua de 148 viveros de México, en términos de su pH, conductividad eléctrica, y concentración de iones tóxicos.

Método

El estudio se llevó a cabo en el año 2008, durante una evaluación de los viveros que abastecen de planta a la Comisión Nacional Forestal (Conafor), a cargo de la Universidad Autónoma Chapingo (División de Ciencias Forestales), en la cual se realizó un muestreo de 148 viveros ubicados en todos los estados de la República Mexicana.

La muestra de agua (una por vivero) fue de 1 L se depositó en contenedores de plástico de esa misma capacidad, que después fueron cerrados herméticamente. El procedimiento consistió en dejar salir el agua de la toma del sistema de fertirrigación (para limpiar de residuos de fertilizante el sistema, en viveros que producen en contenedor) o de la llave (para limpiar la tubería, en viveros que producen en bolsa) durante por lo menos un minuto y enseguida se recolectó el agua. Las muestras de cada vivero fueron enviadas por mensajería o llevadas directamente (generalmente uno o dos días después) al laboratorio central de análisis de agua de la Universidad Autónoma Chapingo. Se evitó exponer los frascos a radiación solar directa y altas temperaturas.

En laboratorio, fueron realizadas las siguientes determinaciones: pH (con potenciómetro); conductividad eléctrica (CE) (por puente de conductividad); Ca^{2+} y Mg^{2+} (espectrofotometría de absorción atómica); Na^+ (espectrofotometría de emisión de flama); bicarbonatos (HCO_3^-) (volumetría de ácido sulfúrico); Cl^- (volumetría de nitrato de plata); sulfatos (SO_4^{2-}) (turbidimetría de cloruro de Bario); B^{3+} (fotocolorimetría con Azometina H). El laboratorio trabaja las determinaciones de acuerdo a normas mexicanas.

Los análisis incluyeron iones tóxicos: Na^+ , Cl^- y B^{3+} , y el de iones que causan necrosis en el follaje (bicarbonatos). Se incluyó el análisis de iones nutrimentales (Ca^{2+} , Mg^{2+} y sulfatos) para examinar si sus niveles pudieran tener algún grado de toxicidad.

Para los viveros que producen en bolsa y que utilizan suelo como sustrato principal, se calculó la relación ajustada de adsorción de sodio (RAAS) (Fórmula 1), que deriva de la relación de adsorción de sodio (RAS), la cual se obtiene a partir de las concentraciones de sodio, calcio y magnesio:

$$RAAS = (Na^+ / ((Ca^{2+} + Mg^{2+})^{1/2} / 2)) (1 + (8.4 - pH_c)) \quad (1)$$

Donde: la RAAS, se expresa en $mmol_c L^{-1}$; Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} representan las concentraciones de iones sodio, calcio y magnesio, en $mmol_c L^{-1}$ o $meq L^{-1}$; 8.4, es el valor del pH de un suelo calcáreo no sódico en equilibrio en CO_2 con la atmosfera; pH_c , son los valores teóricos del agua de riego que tendrá cuando esta agua esté en equilibrio en el $CaCO_3$ (Mendoza, 2009).

Con la finalidad de conocer las concentraciones de Ca^{2+} y Mg^{2+} en el agua de riego, sales que en altas concentraciones causan manchado foliar, se calculó la dureza del agua mediante la fórmula 2:

$$Dureza\ total = Ca^{2+} + Mg^{2+} \quad (2)$$

Donde: la dureza total es expresada en partes por millón (ppm); Ca^{2+} = Calcio en ppm; Mg^{2+} = Magnesio en ppm (Landis *et al.* 1989).

Cabe destacar que los valores de referencia para todos los parámetros de calidad de agua determinados o calculados, se obtuvieron de Landis *et al.* (1989, 1994).

Finalmente con los datos obtenidos en cada parámetro evaluado, se realizaron diversas combinaciones de las variables, a nivel nacional, por regiones ecológicas, tipos de producción y grupos de estados, para determinar mediante regresión logística la relación que pudiese existir entre ellas con respecto al estado fitosanitario de las plantas. El modelo (3) que se utilizó fue (Hosmer y Lemeshow 2000):

$$P = 1 / (1 + e^{-(\alpha + \beta_1 x_1)}) \quad (3)$$

Donde: P =probabilidad de tener una afectación importante por fitopatógenos, e =base de los logaritmos naturales, α =constante, β_1 =constante asociada a la variable independiente x_1 , x_1 =variable independiente (pH del agua de riego).

Para este modelo fue utilizada la escala de estado fitosanitario siguiente: +1 (muy malo), +2 (malo), +3 (regular), +4 (bueno), +5 (muy bueno).

Para llevar a cabo las regresiones con el procedimiento logístico (Proc Logistic) del programa SAS © para microcomputadoras, se clasificó el valor de la variable respuesta como 0 cuando no se presentaron afectaciones por enfermedades o cuando fueron poco importantes, y con el valor 1 cuando sí estaban presentes de manera importante. A las calificaciones de 1, 2 y 3 del nivel fitosanitario se les asignó el valor de uno, mientras que a las calificaciones 4 y 5 les correspondió el valor 0. Las regresiones fueron corroboradas considerando la significancia de su constante y variables involucradas, también se verificó que su intervalo de confianza de la razón de momios no incluyese el valor 1.

Resultados y Discusión

De los 148 viveros forestales evaluados, 51% (76 viveros) fueron de zonas templado-frías, mientras que 24% (35 viveros) se encontraron en regiones tropicales húmedas, 13% (19 viveros) correspondieron a zonas tropicales subhúmedas, y 12% (18 viveros) a regiones áridas. A continuación se analiza cada uno de los parámetros analizados en el agua de riego.

pH y sanidad

Los extremos en valores de pH del agua de riego fueron de entre 5.72 a 9.75, con una media igual a 7.57 (Cuadro 1). En 84% de los viveros evluados, el agua de riego tuvo un $pH > 7$, lo que indica que la mayoría de ellos tienen aguas con algún grado de alcalinidad, y rebasan los valores referidos en la literatura (Landis *et al.* 1989, 1994). Casi 85 % (93 viveros) de los 110 que producen en contenedor tienen agua de riego con $pH > 7$. De los cuales el 52.7 % son de la zona ecológica templada. Las regiones ecológicas restantes (tropical húmeda, tropical subhúmeda y árida y semiárida), menos del 11.8 % cuentan con agua de riego en la condición señalada (Figura 1).

Para el caso de los 38 viveros que producen en bolsa, 84.2% (32 viveros) exceden el pH límite referido. Del anterior porcentaje, la zona templada se acerca a 24 %, la tropical húmeda tiene casi 32 %, y las regiones tropical subhúmeda y árida y semiárida cubren cada una alrededor de 15 %. En la región árida todos los viveros (100%) presentan problemas de pH en el agua de riego. Una de las desventajas de un elevado pH en el agua, es que se presentan deficiencias de micronutrientes (Ruter, 2013). Se debe señalar la conveniencia de obtener una mayor muestra en diferentes épocas del año en trabajos futuros, pues Gutiérrez *et al.* (2015) refiere una variación de 8 % para el pH del agua de riego a lo largo del año para un vivero de México central.

Cuadro 1. Resultados de máximos, mínimos y medias de los parámetros medidos en la evaluación de los viveros forestales, por regiones y general. Los datos proceden de 148 viveros.

Región ecológica	Valor	pH	CE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	B ³⁺	RAAS *	Dureza
			dSm ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹		ppm
Zona Templada	Máximo	9.75	1.41	7.07	2.89	6.09	8.87	3.50	5.45	0.90	1.18	176.08
	Mínimo	5.85	0.02	0.05	0.01	0.02	0.10	0.00	0.02	0.15	-1.15	1.12
	Media	7.67	0.35	1.57	0.82	0.87	2.21	0.52	0.53	0.39	0.33	41.14
Zona Tropical Húmeda	Máximo	8.35	4.35	25.03	11.67	15.44	9.44	5.25	29.05	1.24	5.49	564.44
	Mínimo	5.72	0.08	0.30	0.20	0.14	0.18	0.25	0.10	0.26	-0.01	8.60
	Media	7.27	1.27	6.01	3.39	2.32	4.34	1.46	5.36	0.46	2.08	160.86
Zona Tropical Subhúmeda	Máximo	8.70	1.74	6.17	4.65	8.09	7.63	3.00	7.76	0.83	1.06	179.20
	Mínimo	6.60	0.05	0.20	0.01	0.15	0.39	0.01	0.10	0.30	-0.08	4.12
	Media	7.50	0.60	2.53	1.57	1.38	3.02	0.68	2.01	0.45	0.54	69.37
Zona Árida	Máximo	9.20	2.24	8.57	5.09	10.87	8.14	7.00	12.62	1.30	13.01	218.48
	Mínimo	7.07	0.16	0.54	0.21	0.10	0.22	0.01	0.10	0.24	0.15	13.32
	Media	7.88	0.93	3.31	1.97	3.18	3.32	1.62	3.26	0.57	6.13	89.84
Todas las regiones	Máximo	9.75	4.35	25.03	11.67	15.44	9.44	7.00	29.05	1.30	13.01	564.44
	Mínimo	5.72	0.02	0.05	0.01	0.02	0.10	0.00	0.02	0.15	-1.15	1.12
	Media	7.57	0.69	3.13	1.76	1.52	2.98	0.89	2.44	0.43	1.43	83.60

* Solo para producción en bolsa

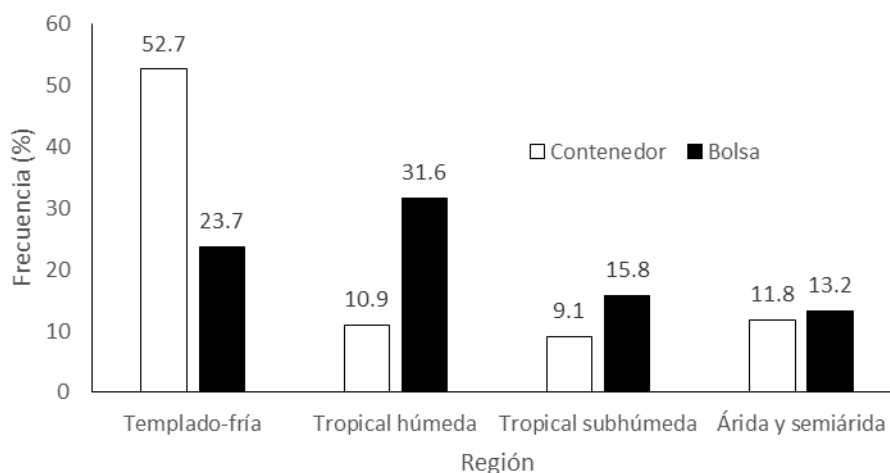


Figura 1. Frecuencia de viveros con pH alto (>7) en su agua de riego, por zona ecológica y tipo de producción.

Es importante mencionar que en los 25 viveros con pH menor a 7 (en estados como Chiapas, Distrito Federal, Durango, Estado de México, Puebla y Veracruz), los fitopatógenos que se desarrollaron con más frecuencia fueron del género *Fusarium*. De ellos, *F. solani* fue más común, y el segundo más frecuente fue *Alternaria alternata*. Se ha considerado que el pH alcalino propicia problemas con fitopatógenos en los semilleros. Así, se ha registrado que los hongos del género *Fusarium* son más virulentos en condiciones neutrales o de alcalinidad, y las pérdidas por la “chupadera” se incrementan con valores de pH superiores a 5.9 (Beristain 1980). No obstante, observaciones más recientes apuntan a que los fitopatógenos mencionados también son favorecidos por pH ácidos. Con elevada actividad del agua ($a_w \geq 0.98$), y una temperatura de 25 °C, el pH del agua óptimo para el desarrollo de *Fusarium moniliforme* y *F. proliferatum* en sustrato de maíz, fue igual a 5.5. Destaca que para esta última especie, la temperatura de 30 °C y el pH=7 representaron el óptimo (Marín *et al.* 1995). De forma similar, se ha investigado que con pH de 4 a 4.5 se tuvo una producción óptima de micotoxina de *Alternaria alternata*, la cual se reduce conforme el pH del medio de cultivo aumenta (Brzonkalik *et al.* 2012).

En relación a las regresiones logísticas, realizadas con el programa SAS, para pH, se observa para todos los viveros evaluados de forma general, que conforme el pH se vuelve más ácido, aumenta la probabilidad de incidencia de daños por fitopatógenos, principalmente en camas semilleras. Sin embargo, aunque en este caso, la significancia para el pH fue de 0.0735, la

razón de momios fue de 0.535, y el intervalo de confianza incluyó la unidad (0.270 a 1.061), lo cual no es deseable. Por ello fue descartado.

No obstante, al correr la regresión exclusivamente para los viveros de las zonas templado-frías, se obtuvo el siguiente modelo (4) para estimar la probabilidad de ocurrencia de problemas fitopatológicos (P), a partir del pH del agua de riego:

$$P = 1 / (1 + e^{-(8.8185 - 1.1021\text{pH})}) \quad (4)$$

En este modelo, la significancia del pH alcanzó $p=0.0495$, la razón de momios fue 0.332, y el intervalo de confianza fue menor a la unidad (0.11 a 0.99). La representación gráfica del mismo está en la Figura 2. Es claro que al ser más ácida el agua de riego, la probabilidad de incidencia de fitopatógenos, es mayor.

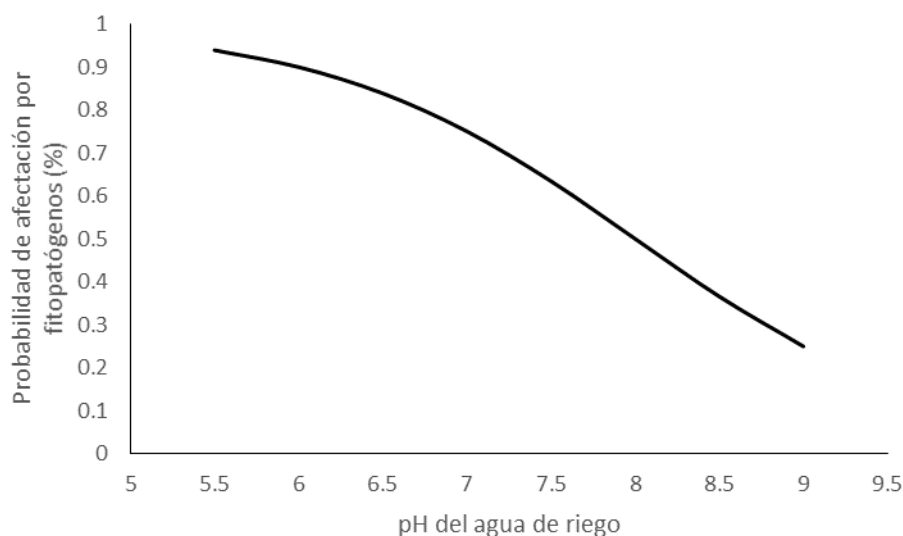


Figura 2. Relación de pH con respecto al estado fitosanitario para los viveros evaluados de la zona templada.

Conductividad eléctrica

Con respecto a la conductividad eléctrica del agua de riego, 50 de los viveros (34%) presentan valores por arriba del límite (>0.6 dS/m), mientras que el resto (98 viveros, 66%) se encuentra dentro de este parámetro límite. La mezcla con suelo en el sustrato puede amortiguar en alguna medida el efecto del agua de riego con elevada conductividad eléctrica, por lo que este

indicador es más importante en los viveros que producen en contenedor, que por el tipo de sustratos que emplean no tienen tal capacidad.

Del total de viveros que producen en contenedor (110), 31.8% presentan una $CE > 0.6$ dS/m en el agua de riego. Los iones Ca^{2+} , Na^+ , HCO_3^- y SO_4^{2-} se encuentran en altas concentraciones en el agua de riego, como se discute más adelante, lo cual contribuye a la elevada conductividad eléctrica en el agua de los viveros de regiones tropicales. Lo mismo sucede con el HCO_3^- en los viveros de zonas templadas y de zonas tropicales subhúmedas, así como con Na^+ y HCO_3^- en las regiones semiáridas. La distribución de estos viveros, por región ecológica, se muestra en la figura 3. Asimismo, los extremos y valores medios de éste y los demás parámetros considerados en el estudio, se muestran en el Cuadro 1.

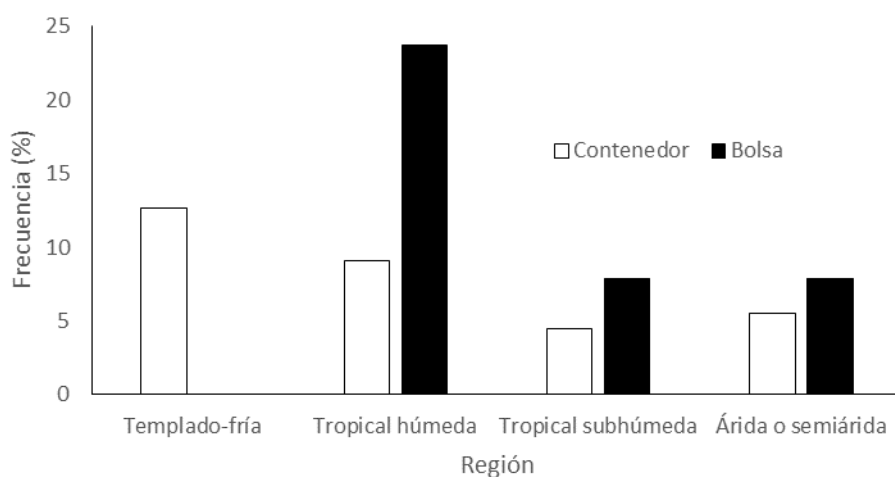


Figura 3. Frecuencia de viveros cuya agua tuvo una conductividad eléctrica elevada (> 0.6 dS/m), por zona ecológica y tipo de producción.

Para el caso de los 38 viveros que producen en bolsa, 39.5% (15 viveros) excedieron la CE límite. Ninguno fue de la región templado-fría, la mayor parte correspondió a la zona tropical húmeda, seguida por las zonas tropical subhúmeda y la árida y semiárida.

Calcio y Magnesio

Un total de 26 viveros (18%) mostraron que su agua de riego se encuentra por arriba del parámetro permitido para Ca^{2+} , que es 5 meq L^{-1} . De los anteriores, 16 viveros producen en contenedor (14.5% del total de este tipo de producción), mientras que para los que producen en bolsa representa 26.3% (10 viveros). Con respecto al Mg^{2+} , sólo 9% de los viveros se encuentra dentro de las cifras mayores al estándar de 4.2 meq L^{-1} y 91% (135 viveros) restante

están por debajo de ese parámetro; es decir para este indicador, únicamente 13 de los 148 viveros presentan esta complicación. Además de ser nutrientes, el Ca^{2+} y el Mg^{2+} pueden contrarrestar los efectos nocivos de los iones de Na^+ y Cl^- . Pero si se encuentran en exceso, pueden dificultar la absorción de otros iones como el sodio (Landis *et al.* 1989, Robbins S. F.).

Sodio

En relación al sodio, 30 viveros (20%) mostraron un nivel mayor a 2.2 meq L^{-1} , que es el estándar y 118 (80%) arrojaron cifras menores al valor ya mencionado. De los primeros, 21 producen en contenedor y nueve en bolsa. Aunque el sodio (Na^+) es tóxico para las plantas, este ion tiene igualmente un serio efecto en la estructura del sustrato cuando hay suelo como parte de él. Un exceso de iones Na^+ en relación a la concentración de iones calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), puede originar que las partículas de arcilla se dispersen y sellen los poros, reduciéndose seriamente la permeabilidad y el intercambio gaseoso (Andriani 2009).

Relación ajustada de adsorción de sodio

Solamente 4% de los viveros forestales (tres) tuvieron concentraciones mayores al nivel normal de 6. Este valor únicamente se calculó para los viveros que producen en bolsa, pues no es pertinente para los que lo hacen en contenedor, ya que, acorde con Landis *et al.* (1989), los problemas de permeabilidad inducidos por el sodio nada más afectan a los suelos naturales.

Cloro, sulfato y Boro

Con respecto al cloro, 9% de los viveros (14 viveros, nueve producen en contenedor y cinco en bolsa) están por arriba de la medida estándar, que es de 2 meq L^{-1} . En relación a sulfato, únicamente 12% (18 viveros, 11 que producen en contenedor y siete en bolsa) se encuentran por arriba del estándar, de modo que el mayor porcentaje de los viveros no tienen problema con este tipo de ion. Otros iones, especialmente el boro (B^{3+}), pueden ser tóxicos para las especies forestales en concentraciones elevadas, en particular para las plántulas (Robbins S. F.). Niveles excesivos de cloro y sodio pueden inhibir la absorción de agua por las plantas (Cox 2010) Sólo 7% (11 viveros, seis producen en contenedor y cinco en bolsa) tienen agua con altos niveles de boro. Particularmente en este elemento, como en otros antes mencionados, los niveles requeridos por las plantas son bajos. Cabe mencionar que muchas

veces ya se encuentran en el suelo o sustratos a usar, en especial de regiones con suelos alcalinos y baja precipitación (Robbins S. F.).

Bicarbonatos

La concentración de bicarbonatos es otro de los parámetros que se presenta en exceso, con 77% (114 viveros) que superan el valor estándar. Tomando como referencia los 110 viveros que producen en contenedor, 76.4% (84 viveros) presentan concentraciones de HCO_3^- mayores a 1 meq L^{-1} en el agua de riego, de los cuales la mayor parte son de zona templada, seguidos por los de zona tropical húmeda, zona tropical subhúmeda y zona árida (Figura 4). Para el caso de la zona tropical, un factor influyente es el tipo de suelo con alto contenido de material calizo, lo cual aumenta la concentración de carbonatos y bicarbonatos en el agua.

De los 38 viveros que producen en bolsa, 79.1% exceden la concentración de HCO_3^- límite. Lo anterior sucede principalmente en la zona tropical húmeda, seguida por la templada, la tropical subhúmeda y la árida.

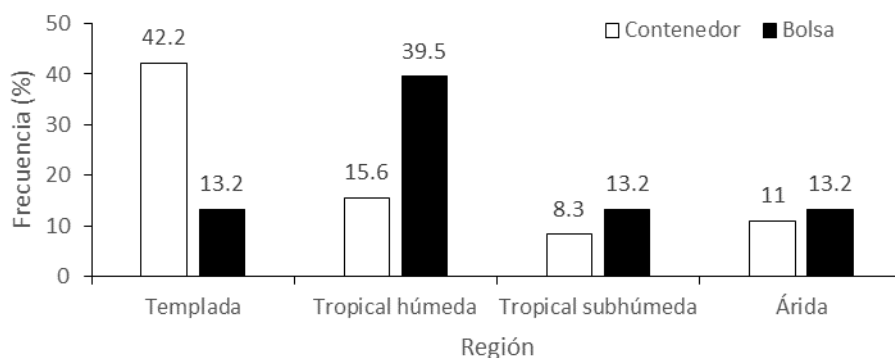


Figura 4. Concentración de bicarbonatos por región y tipo de producción.

Dureza

El estándar para la dureza es 206 ppm, la mayor cantidad de los viveros se encuentran por debajo de este parámetro con 93% y un total de 137 viveros. Solamente 7% (11 viveros) presentan concentraciones elevadas. De los viveros que presentan niveles de dureza en el agua

por encima del parámetro, se tiene que 6.4 % (siete viveros) producen en contenedor y cuatro en bolsa (10.5%).

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 (Landis *et al.* 1994).

Algunas medidas correctivas

En el presente estudio, el agua de los viveros analizados estuvo fuera de diferentes parámetros recomendados para varias características en 4 a 85 %, mientras que para el norte de los Estados Unidos, solamente 1 % de los viveros que producen a raíz desnuda, manifestó problemas de calidad de agua, cifra que se elevó a 1 y 4.1 % cuando se trató de una tabla de agua muy alta y de disponibilidad del líquido (Landis 1984).

Algunas características del agua de riego son fácilmente corregibles. El mejor ejemplo es el pH del agua de riego de los viveros que están sometidos a fertirrigación, el cual se puede reducir aplicando ácido fosfórico, según la metodología señalada por Landis *et al.* (1989). La aplicación de pesticidas diversos, contribuye a prevenir problemas de hongos fitopatógenos y a mejorar la sanidad en el vivero.

En cambio, otros tratamientos involucran instalaciones y equipo muy caro, como es el caso de la ósmosis inversa que utiliza el Vivero San Luis Tlaxiatlemalco, del Gobierno del Distrito Federal, para transformar aguas grises de desecho en aguas de la mayor calidad para el uso en el vivero forestal. Como difícilmente se cuenta con posibilidades de semejante inversión como la necesaria para el equipo descrito, en otros casos, cuando las aguas son de muy baja calidad, por ejemplo a causa de su dureza o salinidad, es más rentable buscar otra ubicación para instalar el vivero, donde haya aguas de mejor calidad.

Conclusiones

En muchos viveros forestales de México se riega con agua de calidad deficiente. Principalmente presentan dos parámetros por encima de los estándares establecidos, el pH (84% del total de viveros) y bicarbonatos (77 %).

Además poco más de un tercio se encuentran con valores elevados de conductividad eléctrica. Con base en la proporción de viveros de cada región ecológica, la región templada sobresale con pH y bicarbonatos en altas concentraciones, y la región tropical húmeda presenta valores elevados en conductividad eléctrica.

De los 110 viveros que producen en contenedor únicamente seis cumplen con todos los niveles establecidos de calidad de agua.

Es recomendable realizar más investigación y con mayor muestra. Es de esperar que diferentes mediciones varíen en alguna proporción a lo largo del año.

Agradecimientos

A las brigadas que apoyaron la obtención de muestras de agua en los viveros forestales analizados. A la Conafor, por el apoyo financiero para la realización del proyecto. A la Universidad Autónoma Chapingo, al Colegio de Postgraduados y al Gobierno de la Ciudad de México.

Referencias

- Andriani, J. (2009). Impacto del agua de riego sobre las propiedades químicas del suelo. Para mejorar la producción 41: 55-59.
- Beristain D., F. (1980). Influencia del pH del agua de riego en la incidencia de damping- off y desarrollo de dos especies de pino, en almácigo. Departamento de enseñanza, investigación y servicio en bosques. Tesis licenciatura Chapingo, Texcoco, México.

Brzonkalik, K., D. Hümmer, C. Sylatk, and A. Neumann (2012). Influence of pH and carbon to nitrogen ratio on mycotoxin production by *Alternaria alternata* in submerged cultivation. AMB Express 2: 28. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3441619/>

Cox, D. (2010). Water quality for crop production. In: Massachusetts Department of Agricultural Resources. Greenhouse BMPs. Massachusetts: Massachusetts Department of Agricultural Resources. pp. 17-29.

Cuevas R., R. A. (1995). Poda, riego y nutrición. In: Viveros forestales. INIFAP. Publicación especial # 3. CENID-COMEF. Coyoacan, México, D. F.

Gutiérrez G., J. V., D. A. Rodríguez T., A. Villanueva M., S. García D., y J. L. Romo L. 2015. Calidad del agua en la producción de *Pinus cembroides* Zucc. en vivero. Agrociencia 49: 205-219.

Hosmer W. D., and S. Lemeshow. (2000). Applied Logistic Regression. 2 ed. U. S. A.: John Wiley and Sons.

Lambers, H., F. S. Chapin III, and T. L. Pons. (1998). Plant physiological ecology. New York: Springer.

Landis, T. D. (1984). Problem solving in forest-tree nurseries with emphasis on site problems. In: Duryea, M. L., and T. D. Landis (eds.). Forest nursery manual: Production of bare-root seedlings. Martinus Nijhoff, Dr. J. Junk Publishers. Oregon State University. The Hage. pp. 307-314.

Landis, T. D., R. W. Tinus., S. E. McDonald., and J. P. Barnett. (1989). Manual de viveros para la producción de especies forestales en Contenedor. Vol. 4. Manual Agrícola 674. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Servicio forestal. 126 p.

Landis, T. D., R. W. Tinus., S. E. McDonald., and J. P. Barnett. (1994). Manual de viveros para la producción de especies forestales en Contenedor. Vol. 1. Manual Agrícola 674. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.

Marín, S., V., Sanchis, and N. Magan. (1995). Water activity, temperature, and pH effects on growth of *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum* isolates from maize. *Canadian Journal of Microbiology* 41(12): 1063-1070.

Mendoza S., I. (2009). Calidad de las aguas residuales urbano-industriales que riegan el valle de mezquital, Hidalgo, México. Tesis doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

Robbins, J. (S. F.). Irrigation water for greenhouses and nurseries. Agriculture and Natural Resources, University of Arkansas, Division of Agriculture.

Ruter, J. M. (2013). Importance of water quality in container plant production. In: D. L. Haase, J. R. Pinto, and K. M. Wilkinson (technical coordinators). National proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations-2012. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Proceedings RMRS-P-69. pp. 36-38.

Waring, R. H., and S. W. Running (1998). Forest ecosystems. 2nd ed. San Diego: Academic Press.