

NUTRICIÓN Y SÍNTOMAS DE DECLINACIÓN DE *Abies religiosa*(H.B.K.) Schl. et Cham. EN EL DESIERTO DE LOS LEONES, D. F.

R. Rivera-Amaro¹, M. Á. López-López²; R. Campos-Bolaños³

¹PROFEPA-SEMARNAT. Domicilio conocido. Tejupilco, Estado de México.

²Profesor Investigador Asociado. Postgrado Forestal, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. C. P. 56230.

³Profesor Investigador. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230.

RESUMEN

La declinación de *Abies religiosa* en el Desierto de los Leones, D. F. es un proceso del que a la fecha muchos aspectos han sido poco estudiados, lo que ha dificultado la cabal comprensión de las causas del fenómeno. En el presente trabajo se estudió el estado nutricional de la especie, relacionándolo con el grado en que se presentan dos de los principales síntomas, la clorosis y el enrojecimiento del follaje. Se seleccionaron muestras de follaje de aproximadamente 1.5 años de edad de *A. religiosa* con presencia de cada uno de los síntomas en cinco diferentes grados, 0, 25, 50, 75 y 100. Cada uno de los grados de cada síntoma fueron replicados cinco veces y los datos fueron procesados mediante análisis de varianza. Los resultados indican una relación inversa entre el grado de clorosis y las concentraciones de N, P y K en presencia de deficiencias de Mg y Mn. El enrojecimiento del follaje parece estar relacionado con deficiencias de N, acompañadas por deficiencias generalizadas de K, Mg y Mn.

PALABRAS CLAVE: declinación forestal, nutrición, Desierto de los Leones, clorosis, bronceado.

NUTRITION AND SYMPTOMS OF DECLINE OF *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham. IN DESIERTO DE LOS LEONES, D. F.

SUMMARY

Decline of *Abies religiosa* at the Desierto de los Leones Park, D. F. is a process with many poorly studied aspects to date, which makes it difficult to clearly understand the causes of the phenomenon. In this work, the nutrient status of the species and its relationship with the degree at which two of the main symptoms, chlorosis and reddening appear, were studied. Samples of *A. religiosa* foliage of approximately 1.5 years old, with symptoms at five different levels, 0, 25, 50, 75 and 100 were selected. Each level of the symptoms was replicated five times and the data were processed by using analysis of variance. The results show an inverse relationship between the degree of chlorosis and N, P and K concentrations in addition to Mg and Mn deficiencies. Foliage reddening seems to be related to N deficiencies, accompanied with generalized K, Mg and Mn deficiencies.

KEY WORDS: Forest decline, nutrition, Desierto de los Leones, chlorosis, bronzing.

INTRODUCCIÓN

En el Parque Cultural y Recreativo "Desierto de los Leones", D. F., se ha presentado desde hace algunos años un proceso de declinación que ha afectado a varias especies vegetales del área, siendo el oyamel (*Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham.) una de las más dañadas. Cibrián (1989) reporta que en 1986 había muerto aproximadamente 36 % del volumen de madera de oyamel que inicialmente existía en el parque, generándose varias áreas con porcentajes de mortalidad cercanos al 100 %.

Según López (1996), los síntomas iniciales ligados a una serie de desórdenes fisiológicos en los árboles son la clorosis y el enrojecimiento o bronceado del follaje. Estos síntomas redundan en la muerte de las hojas en un período máximo de año y medio.

Clorosis del follaje de *Abies religiosa*

Uno de los síntomas más frecuentes que redundan en el debilitamiento de los árboles en el Desierto de los Leones

es el amarillamiento del follaje o clorosis. Este síntoma aparece en el follaje de un año de edad o más, de la mayoría de los árboles, iniciando durante los meses de marzo a mayo, en coincidencia con el rompimiento de las yemas vegetativas que producirán el siguiente flujo de crecimiento, y continúa su avance durante la temporada de crecimiento, al final de la cual se desprende.

Investigaciones importantes sobre el proceso de declinación lo constituyen los resultados encontrados por Hernández (1984), quien encapsuló ramas de *Pinus hartwegii* en el Ajusco, proporcionando diferentes grados de protección contra ozono mediante el uso de filtros de carbón activado. Los resultados de este autor indicaron que cuanto mayor fue la protección contra la entrada de ozono a las cámaras, menor fue la destrucción de clorofilas A, B y totales, lo que indica que este gas es responsable, al menos parcialmente, de la clorosis del follaje. Alvarado *et al.* (1993), explorando otras posibles causas, encontraron que en la rizósfera de árboles dañados de oyamel en el Desierto de los Leones existen deficiencias de manganeso y zinc y en el follaje de individuos de la misma especie determinó deficiencias de manganeso.

Un aspecto importante en relación con la clorosis del follaje maduro es el relativo a la temporada del año en que inicia. Según López (1996) la aparición de la clorosis inicia en los meses de marzo a mayo, coincidiendo esto con la temporada en que tiene lugar el rompimiento de las yemas vegetativas que dan lugar al nuevo flujo de crecimiento. Esto da idea de que quizá en el proceso de amarillamiento del follaje maduro esté implicada la translocación de nutrimentos de este follaje a las hojas que están en crecimiento, lo cual es postulado por varios autores (Oren y Schulze, 1989; Fenn, 1996; López, 1996; Fenn *et al.*, 2002).

Enrojecimiento o bronceado del follaje de *Abies religiosa*

El bronceado del follaje es un síntoma que afecta a una considerable proporción de individuos. No existe una evaluación del porcentaje de árboles que presentan este síntoma; sin embargo, en el paraje "El Cementerio I" una estimación gruesa de este porcentaje estaría probablemente alrededor de 60 %. Durante los meses de octubre o noviembre, gran parte del follaje de algunos árboles toma una coloración café rojiza brillante o bronceado. Las hojas adoptan una textura coriácea y finalmente mueren y se desprenden de la ramilla. No existen estudios en el área sobre su capacidad fotosintética, pero es probable que ésta disminuya gradualmente hasta llegar a ser nula antes de que el follaje se desprenda, lo cual ocurre a mediados o finales de la época de crecimiento que sucede al periodo otoño-invierno en que se originó el síntoma.

Al parecer, este tipo de daño ha sido menos entendido que la clorosis, aun cuando se ha presentado en varias partes

de Europa y Norteamérica, sugiriéndose como probables causas, las temperaturas inusualmente altas en invierno con presencia de vientos, sequías, contaminación ambiental o desbalances nutrimentales (Saxe, 1993). La diversidad de causas probables es sin duda una consecuencia del incipiente nivel del conocimiento logrado al respecto.

Hocker (1984) describe un tipo de daño que consiste en un enrojecimiento del follaje de extensiones considerables de bosques de climas fríos y menciona que este tipo de daño se ha atribuido al frío. El daño descrito por este autor coincide en características con el observado en el área de estudio. El autor menciona que cuando se presentan bajas temperaturas, la mayoría del follaje toma una coloración rojiza y muere, pero si las yemas no sufren daño, durante la siguiente estación de crecimiento los árboles vuelven a presentar una apariencia sana; sin embargo, son árboles que han perdido una gran cantidad de follaje y su vigor probablemente es subóptimo.

El estudio de los síntomas y de su relación con diversos factores puede conducir a la formulación de hipótesis fuertes, con bases fisiológicas sólidas. Por ello, es importante estudiar la relación que guardan estos síntomas con el estado nutrimental de las plantas, con los cambios anatómicos en los tejidos y con los cambios fisiológicos en los órganos o en el árbol. Es por esta razón que a través de la presente investigación se pretendió: 1) llevar a cabo una caracterización desde el punto de vista nutrimental, de los dos síntomas iniciales del proceso de declinación de *A. religiosa* en el Desierto de los Leones, D. F.: la clorosis y el enrojecimiento del follaje, 2) relacionar la presencia de clorosis con el estado nutrimental de los brinzales de la especie y 3) relacionar la presencia de enrojecimiento o bronceado del follaje con el estado nutrimental de los brinzales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo dentro del área del Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones, el cual se ubica en la Delegación Cuajimalpa, D. F., al suroeste del Valle de México. El parque se localiza entre los 19° 15' 40" y 19° 18' 50" latitud N y entre los 99° 17' 45" y 99° 20' 00" longitud W. El trabajo experimental se realizó en el paraje denominado "El Cementerio I", el cual se caracteriza por la presencia de vegetación de origen artificial de *A. religiosa* y algunas especies del género *Pinus* y ejemplares de *Cupressus* sp.

Selección de los tratamientos

Utilizando una escala fotográfica para cada uno de los síntomas estudiados se evaluó un total de 50 brinzales de

la plantación del paraje "El Cementerio I". Se hicieron dos grupos de árboles tomando como criterio la presencia de un solo síntoma en un individuo; es decir, se excluyó del experimento a aquellos árboles que presentaron ambos síntomas. Los árboles seleccionados dentro de cada tipo de daño fueron agrupados de acuerdo con el grado de daño indicado por la escala mencionada, de tal manera que se conformó un grupo de cinco árboles cuyo grado de daño resultó ser cercano a cero y otros grupos con índices de daño alrededor de 25, 50, 75 y 100. En cada uno de los árboles seleccionados se tomaron en forma manual tres muestras de follaje de aproximadamente 1.5 años de edad y en todas las muestras obtenidas se llevaron a cabo determinaciones de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn y Mn en el laboratorio de Nutrición Vegetal del IRENAT del Colegio de Postgraduados.

Análisis de la información

Mediante el uso del paquete estadístico SAS se llevó a cabo el análisis de varianza por nutrimento para determinar las diferencias de concentración de los nutrimentos en el follaje en relación a la fuente de variación, que en este estudio estuvo constituida por los grados de clorosis y enrojecimiento. Para hacer las comparaciones entre los niveles de daño se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey ($P=0.05$). En adición a la comparación estadística entre los tratamientos, las concentraciones nutrimentales fueron comparadas, en términos absolutos, con las concentraciones en follaje de un brinzal de oyamel que presentó elevadas tasas de crecimiento y cuya edad fue aproximadamente igual a la de los brinzales del paraje "El Cementerio I". El árbol de alto rendimiento es un individuo tomado de una subpoblación de alto rendimiento determinada por López (1993) con base en la metodología descrita por Svenson y Kimberley (1988), para la elaboración de normas DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System). De acuerdo con López (1993), el árbol de referencia fue el que al aplicarle la formulación del DRIS, presentó menor índice de desbalance nutrimental que cualquiera de los demás árboles pertenecientes a esa subpoblación, lo que significa que la concentración de nutrimentos en su follaje es cercana a la óptima.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Macronutrimentos

La Figura 1 muestra el comportamiento dentro del follaje, de cada uno de los macronutrimentos estudiados, en relación a los diferentes grados de clorosis y bronceado estudiados. En el extremo derecho de las gráficas de esta figura se han ubicado los niveles de cada uno de los macronutrimentos, correspondientes a un brinzal sano con alta tasa de crecimiento (brinzal de alto rendimiento) proveniente de un sitio ubicado en las faldas del cerro Tláloc, donde los síntomas de declinación en estudio se presentan

sólo en raras ocasiones. Se ha considerado conveniente hacer la comparación nutrimental entre el brinzal de alto rendimiento y los brinzales en declinación porque las concentraciones nutrimentales en el brinzal de alto rendimiento, probablemente son cercanas a las óptimas; de otra forma, de acuerdo con la ley del mínimo de Liebig, tales tasas de crecimiento no hubieran ocurrido. Por otro lado, las concentraciones críticas de cada nutrimento, las cuales son supuestamente similares a las del brinzal de alto rendimiento, son válidas a nivel de especie. Es decir, todos los individuos de una especie tienen, en general, valores críticos similares para cada nutrimento (Pritchett, 1986). Esto significa que los brinzales problema del Desierto de los Leones deberían mantener niveles nutrimentales parecidos a los del brinzal de alto rendimiento y que merece la pena estudiar e intentar determinar el origen de cualquier desviación o desorden de las concentraciones nutrimentales de aquellos brinzales con respecto a los valores críticos para la especie.

De acuerdo con la Figura 1a, el comportamiento de las concentraciones de N, P y K en el follaje indica que estos nutrimentos se encuentran estrechamente relacionados con el grado de clorosis, disminuyendo su concentración al incrementar el amarillamiento. De acuerdo con la literatura (Epstein, 1972; Rodríguez, 1982, Finck, 1988; Domínguez, 1989), estos nutrimentos presentan una considerable movilidad dentro de los tejidos de los vegetales, por lo que sus respectivos síntomas de deficiencia se presentan primeramente en el follaje más viejo, de donde se retranslocan para ser utilizados por el nuevo flujo de crecimiento.

Existen algunas señales de que la retranslocación de nutrimentos del follaje maduro al follaje en crecimiento es promovida por agentes contaminantes presentes en la atmósfera. López (1997) señala que árboles jóvenes y sanos de *A. religiosa* plantados en macetas de 100 kg mostraron clorosis después de un año de establecidas en "El Cementerio I", mientras que cuando se establecieron en las faldas del Tláloc donde también la especie dominante es *A. religiosa*, el síntoma no se presentó, indicando que su aparición está relacionada con el ambiente aéreo. Por otro lado, un estudio conducido por De la Isla y Hernández (1986), indica que al eliminar el ozono del aire en contacto con acículas de *Pinus hartwegii* del Ajusco, D. F. mediante el uso de filtros de carbón activado, la clorosis se abatió e incrementó la concentración de clorofilas A y B. Estos hallazgos indican que quizá este oxidante propicia una aceleración del proceso de retranslocación de nutrimentos del follaje viejo hacia el nuevo, trayendo como consecuencia el envejecimiento y eventual desprendimiento del follaje maduro.

El magnesio presenta una concentración en los tejidos siempre inferior a la del brinzal de alto rendimiento, independientemente del nivel de la clorosis en el follaje (Figura 1a). Aun cuando no existe una relación entre la presencia

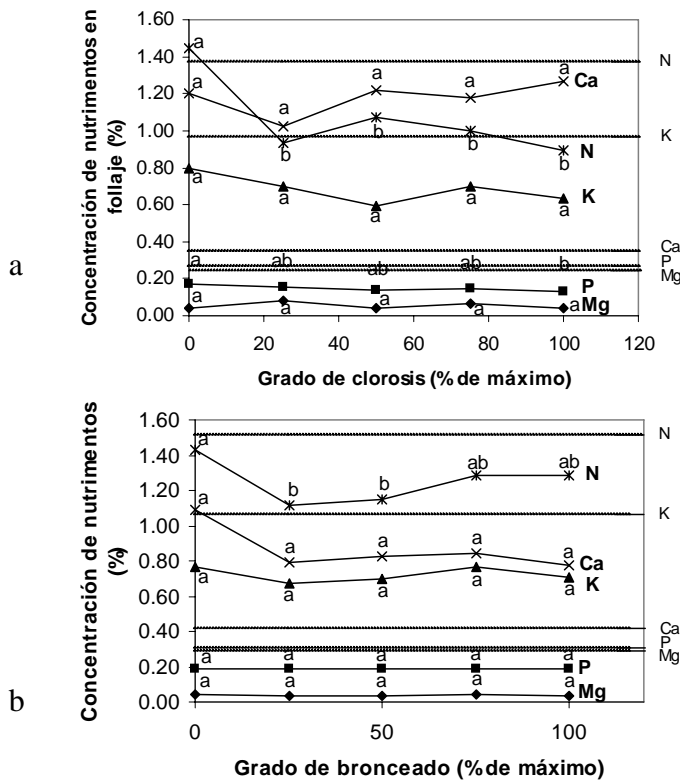


FIGURA 1. Comportamiento de la concentración de macronutrientos al variar a) el grado de clorosis y b) el grado de bronceado del follaje de oyamel en declinación. Las líneas punteadas representan los niveles de cada nutriente, correspondientes a un árbol de alto rendimiento.

de clorosis y la concentración de magnesio, es probable que este nutriente sea responsable en cierta medida de la presencia del síntoma, pues la deficiencia de este nutriente es frecuente en coníferas en proceso de declinación (Kandler, 1992; Rehfuess, 1988).

La Figura 1b muestra que, a excepción del nivel de enrojecimiento “cero”, todos los demás grados de daño presentan una concentración de N inferior a la del brinzal de alto rendimiento, no obstante que no existe una relación funcional entre el síntoma y la concentración del nutriente. El P y el K tampoco muestran asociación con el grado de bronceado, sin embargo, la concentración de estos nutrientes es inferior a la del brinzal de alto rendimiento en todos los niveles de daño, como también lo es la de Mg.

Partiendo del supuesto de que las concentraciones nutrimentales del brinzal de alto rendimiento son cercanas a las óptimas para esta especie (López 1993), los brinzales con enrojecimiento presentan deficiencia de los nutrientes mencionados anteriormente, aun cuando, quizá por tratarse de una deficiencia múltiple, o tal vez por tratarse de deficiencias incipientes de los nutrientes mencionados, el síntoma producido (enrojecimiento o bronceado) no corresponde a los síntomas típicos de deficiencia de N, P o K.

Micronutrientos

Al parecer, de los tres micronutrientos estudiados, ninguno presentó un comportamiento definido en relación con la clorosis del follaje, aunque todos los niveles de clorosis mostraron deficiencia de Mn si se comparan sus concentraciones con las del brinzal de alto rendimiento (Figura 2a). Este hallazgo concuerda con lo encontrado por Alvarado *et al.* (1993), quien comparó las concentraciones de nutrientes en follaje de oyamel del Desierto de los Leones con oyamel de la Estación Experimental Zoquiapan, Estado de México, encontrando bajas concentraciones de este micronutriente en los árboles de la primera localidad. En brinzales de oyamel del Desierto de los Leones, López (1993) encontró que este fue el tercer nutriente más deficiente de acuerdo con el orden de requerimiento nutrimental definido a partir de un análisis mediante DRIS (Diagnosis and recommendation Integrated System).

La deficiencia de Mn relacionada con los síntomas de declinación de oyamel resulta controversial por contrastar con hallazgos reportados en la literatura internacional, los cuales indican que los síntomas de declinación de *Acer saccharum* Marsh. se relacionan directamente con la

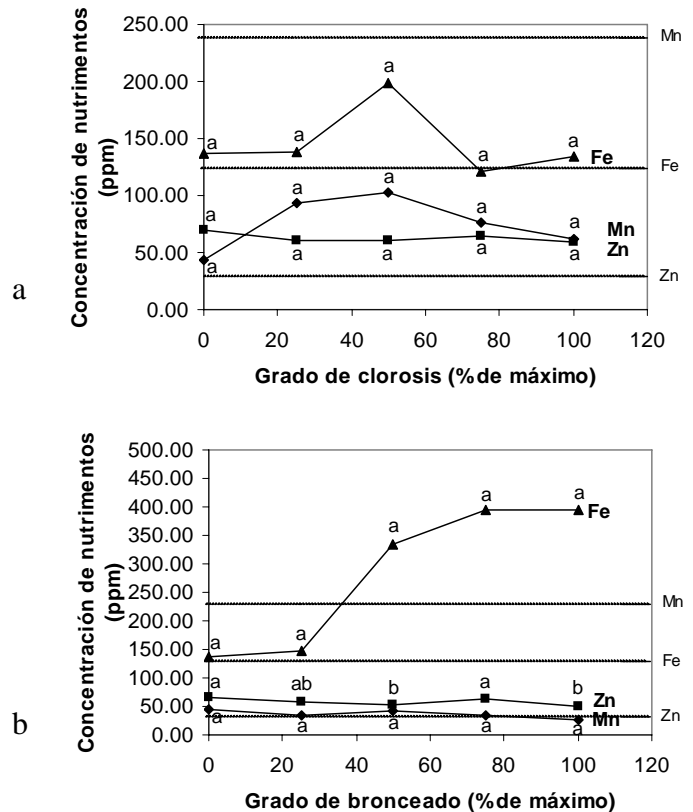


FIGURA 2. Comportamiento de la concentración de micronutrientos al variar a) el grado de clorosis y b) el grado de bronceado del follaje de oyamel en declinación. Las líneas punteadas representan los niveles de cada nutriente, correspondientes a un árbol de alto rendimiento.

concentración de Mn en áreas con suelos ácidos (McQuattie y Schier, 2000).

La concentración de Fe en el follaje de los brinzales de "El Cementerio I" es muy variable y parece tener relación con el grado de enrojecimiento del follaje. Los mayores grados de bronceado corresponden a los niveles más altos de Fe. Existe muy poca literatura que relacione el Fe con síntomas foliares de declinación. Según los datos reportados por Alvarado *et al.* (1993), la concentración de Fe en el follaje de oyamel en declinación tiene mayores concentraciones (276.7 ppm) de este nutriente comparado con el de árboles sanos de Zoquiapan, México (377.0 ppm). Por el contrario, López *et al.* (1998) encontró que el Fe es el segundo nutriente más deficiente, después del K, en follaje de oyamel del Desierto de los Leones, colectado bajo el procedimiento estándar expuesto por Wells y Allen (1985). La concentración de Fe en el follaje vegetal es, en general, bastante variable (Mengel y Kirkby, 1982), lo que frecuentemente dificulta relacionarlo con síntomas de origen abiótico en las plantas. Dado que, al menos dos estudios (el presente y el de Alvarado *et al.*, 1993) reportan altas concentraciones de Fe en follaje en declinación, es recomendable realizar estudios más detallados al respecto.

La concentración de Mn es demasiado baja independientemente del grado de enrojecimiento del follaje. En cuanto al Zn, su concentración varía significativamente entre tratamientos; sin embargo, no existe una tendencia clara de la concentración del nutriente en relación con el grado de enrojecimiento. Por otro lado, la concentración de este nutriente en todos los tratamientos fue superior a la del brinzal de referencia, deduciéndose que es poco probable que el nutriente sea responsable en forma importante del síntoma.

Existe información de que la insuficiencia de los nutrientes que se encuentran en niveles deficientes en los brinzales con follaje rojizo K, Mg, Mn (Rodríguez, 1982; Vázquez, 1987; Domínguez, 1989; Fink, 1991) presenta efectos negativos notables sobre la resistencia de los vegetales al frío. Es probable que las múltiples deficiencias encontradas en este tipo de brinzales hayan tenido algún efecto negativo sobre su resistencia a las bajas temperaturas. Aparentemente (observación personal), el bronceado del follaje se presenta con mayor frecuencia e intensidad en los años con inviernos más fríos. Hace falta conducir estudios detallados al respecto para comprobar esta observación. De probarse la veracidad de la misma, sería posible disminuir este síntoma mediante la corrección de los mencionados desórdenes nutricionales.

Las deficiencias encontradas en el presente estudio corresponden a nutrientes que son móviles dentro de las plantas (N, P, K, Mg, Mn). Por otro lado, de acuerdo con los análisis de suelos realizados por López (1993) para el paraje "El Cementerio I", a excepción del N, los demás

macronutrientes se encuentran en concentraciones similares a las de otros sitios de oyamel ubicados en áreas sin problemas de contaminación ambiental, por lo que es poco probable que las deficiencias encontradas en los tejidos vegetales se deban a las condiciones de suelo. Tales deficiencias sólo se pueden explicar por 1) procesos de retranslocación de un tejido a otro o 2) insuficiente absorción por parte de las raíces.

Como ya se discutió anteriormente, existen elementos para pensar que los procesos de retranslocación nutricional están jugando un papel importante en el proceso de declinación del oyamel en la zona y son probablemente inducidos por la presencia de ozono (De la Isla y Hernández, 1986; López, 1997), como lo sugiere el estudio conducido por Samuelson *et al.* (1996) en *Quercus rubra* L.

La reducción de las tasas de absorción en árboles en declinación es también una posibilidad factible. López-López *et al.* (2006) realizaron un estudio de distribución de biomasa en brinzales de oyamel en proceso de declinación en Huixquilucan, Estado de México. Los autores encontraron que cuanto más agudos son los síntomas de declinación en los brinzales, menor cantidad de fotosintatos es destinada al crecimiento de todos los órganos estudiados (raíz, tallos y follaje), pero el órgano mayormente sacrificado fue la biomasa de raíz. Esto implica que, al avanzar el proceso de declinación, la degradación del sistema radical de los brinzales probablemente se agudiza, volviéndose éste cada vez más ineficiente en cuanto a la capacidad de absorción de agua y nutrientes.

Los razonamientos anteriores conducen a pensar que la aparición de síntomas de declinación y, probablemente el propio proceso de declinación en el Desierto de los Leones, se debe a los desórdenes nutricionales presentes en los árboles y que tales desórdenes posiblemente tienen su origen en la presencia de contaminantes atmosféricos que promueven la retranslocación de nutrientes desde los tejidos viejos a los tejidos en crecimiento.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados de la presente investigación es posible concluir que: 1) existe una relación inversa entre las concentraciones de N, P y K y el grado de clorosis, 2) las deficiencias de K, Mg y Mn son generalizadas en el follaje maduro, cualquiera que sea su categoría de clorosis o bronceado, 3) existen algunas señales de que la clorosis del follaje maduro tiene su origen en la retranslocación de algunos nutrientes hacia el follaje nuevo, 4) el follaje rojizo presenta concentraciones subóptimas de N, 5) la mayoría de nutrientes encontrados en niveles deficientes en el follaje con bronceado, de acuerdo con la literatura, presentan efectos sobre la resistencia de las plantas al frío y 6) estos resultados sugieren que los desórdenes nutricionales encontrados son causados por la presencia de

contaminantes atmosféricos, entre ellos, probablemente el ozono.

AGRADECIMIENTOS

Los Autores deseamos agradecer las atinadas observaciones de dos árbitros anónimos, mismas que contribuyeron a mejorar sustancialmente el manuscrito.

LITERATURA CITADA

- ALVARADO R., D.; DE LA ISLA B., M. L.; GALINDO A., J. 1993. Decline of sacred fir (*Abies religiosa*) in a forest park south of Mexico City. *Environmental pollution*. 80: 115-121.
- CIBRIÁN T., D. 1989. Air pollution and forest decline near Mexico City. *Environmental Monitoring and Assessment*. 12: 49-58.
- DE LA ISLA B., L.; T. HERNÁNDEZ T. 1986. Contaminación. Una amenaza para la vegetación en México. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 84 p.
- DOMÍNGUEZ V., A. 1989. Tratado de fertilización. 2^{da}. edición. Ed. Mundiprensa. Madrid. 601 p.
- EPSTEIN, E. 1972. Mineral Nutrition of plants: Principles and perspectives. Wiley and Sons. New York. 412 p.
- FENN, M. E. 1996. De la limitación de nitrógeno al exceso: Saturación de nitrógeno en bosques de Norteamérica. *In: Memorias del II Simposio Internacional y III Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible: Una contribución al Desarrollo Agrícola Integral*. Comisión de Estudios Ambientales y Campus San Luis Potosí del Colegio de Postgraduados. pp. 19-33.
- FENN, M. E.; DE BAUER, L. I.; ZELLER, K.; QUEVEDO, A.; RODRÍGUEZ, C.; HERNÁNDEZ-TEJEDA, T. 2002. Nitrogen and sulfur deposition in the Mexico City Air Basin: Impacts on forest nutrient status and nitrate levels in drainage waters. *In: Fenn, M. E.; L. I. de Bauer; T. Hernández-Tejeda. Urban air pollution and forests. Resources at risk in the Mexico City air basin*. Springer. New York. pp. 298-319.
- FINCK, A. 1988. Fertilizantes y fertilización. Ed. Reverté, S. A. Barcelona. 439 p.
- FINK, S. 1991. Structural changes in conifer needles due to Mg and K deficiency. *Fertilizer Research* 27: 23-27.
- HERNÁNDEZ T., T. 1984. Efecto de los gases oxidantes sobre algunas especies del género *Pinus* nativas del Valle de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Fitopatología, Colegio de Postgraduados. 109 p.
- HOCKER, W. H. 1984. Introducción a la biología forestal. (Traducción al español por Flor A. Bello López). AGT. Editor, México. 446 p.
- KANDLER, O. 1992. The german forest decline situation: a complex disease or a complex of diseases. *In: Manion, P. D. y D. Lachance. Forest decline concepts*. APS Press. Minnesota, E.E.U.U. pp. 59-84.
- LÓPEZ L., M. A. 1993. Evaluación nutrimental de *Abies religiosa* en el Desierto de los Leones, D. F. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa Forestal, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 101 p.
- LÓPEZ L., M. A. 1996. Declinación del oyamel del Desierto de los Leones, D. F. Un modelo del Proceso. *In: Memorias del II Simposio Internacional y III Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible: Una contribución al Desarrollo Agrícola Integral*. Comisión de Estudios Ambientales y Campus San Luis Potosí del Colegio de Postgraduados. pp. 425-431.
- LÓPEZ L., M. A. 1997. Efectos del ambiente aéreo y del suelo sobre el desarrollo de síntomas de declinación de oyamel. *TERRA* 15: 287-293.
- LÓPEZ L., M. A.; VELÁZQUEZ M., J.; VELÁZQUEZ M., A.; GONZÁLEZ R., V.; CETINA A., V. M. 1998. Estado nutrimental de *Abies religiosa* en una área con problemas de contaminación ambiental. *Agrociencia* 32: 53-59.
- LÓPEZ-LÓPEZ, M. A.; VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, A.; ACOSTA-MONTOYA, J.; ESTAÑOL-BOTELLO, E. 2006. Biomass distribution in declining sacred-fir seedlings. *Interciencia* 31(6): 451-455.
- McQUATTIE, C. J.; SCHIER, G. A. 2000. Response of sugar maple (*Acer saccharum*) seedlings to manganese. *Can. J. For. Res.* 30: 456-467.
- MENGEL, K.; A. E. KIRKBY. 1982. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Berna, Suiza. 593 p.
- OREN, R.; SCHULZE, E. D. 1989. Nutritional disharmony and forest decline: A conceptual model. *In: Forest decline and air pollution: a study of spruce (*Picea abies* (L) Karst.) on acid soils*. *Ecol. Studies*. 77: 425-443.
- PRITCHETT, W. L. 1986. Suelos forestales. Propiedades, conservación y mejoramiento. Traducción del inglés por José Hurtado vega y Marta Cervantes Ramírez. Limusa. México. 634 p.
- REHFUESS, K. E. 1988. Damage to norway spruce. Research site: Elendalm. *In: Krahl-Urban, B.; Papke, H. E.; Peters K.; Schimansky, Chr. Cause-effect research in the United States of North America and the Federal Republic of Germany: Forest decline*. Jülich Nuclear Research Center for the U.S. Environmental Protection Agency and German Ministry of Research and Technology. pp. 84-87.
- RODRÍGUEZ S., F. 1982. Fertilizantes. Nutrición vegetal. AGT. Editor. México. 157 p.
- SAMUELSON, L. J.; KELLY, J. M.; MAYS, P. A.; EDWARDS, G. S. 1996. Growth and nutrition of *Quercus rubra* L. seedlings and mature trees after three seasons of exposure. *Environ. Pollut.* 91: 317-323.
- SAXE, H. 1993. Triggering and predisposing factors in the "Red" decline syndrome of norway spruce (*Picea abies*). *Trees* 8: 39-48.
- SVENSON, G. A.; KIMBERLEY, M. O. 1988. Can DRIS improve diagnosis of nutrient deficiency in *Pinus radiata*? *New Zealand Jour. For. Sci.* 18: 33-42.
- VÁZQUEZ S., J. 1987. El saneamiento y la limpia forestales en el Desierto de los Leones. COCODER, Departamento del Distrito Federal. 24 p.
- WELLS, C.; ALLEN, L. 1985. A loblolly pine management guide. When and where to apply fertilizer. U.S.D.A. For. Ser. Gen. Tech. Rep. SE-36. 23 p.