

Austrocedrus chilensis: asociación espacial entre individuos sanos y afectados por la mortalidad

Austrocedrus chilensis: spatial association between healthy and dead trees.

C.D.O.: 416.16/535

PABLO H. ROSSO, MARIA HAVRYLENKO y SONIA B. FONTENLA
Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue,
C.C. 1336, 8400, San Carlos de Bariloche, Argentina.

SUMMARY

To determine the spatial arrangement of diseased trees in cypres' forests, four plots were studied in the Parque y Reserva Nacional Nahuel Huapi (Argentina). Pielou's test for measuring spatial segregation between two species was applied. Healthy trees were considered as members of one species and diseased trees as members of the other. Results showed that spatial segregation between them exists, suggesting that the mortality tends to occur patchily as in the case of root infections. Advantages and disadvantages of the method are discussed.

RESUMEN

En el Parque y Reserva Nacional Nahuel Huapi (Argentina) fueron ubicadas cuatro parcelas en bosques de ciprés afectados por la mortalidad, con el fin de realizar un estudio para determinar la disposición espacial de los individuos afectados. Para ello se utilizó el método de Pielou de determinación de la segregación espacial entre dos especies, considerando a los individuos sanos como pertenecientes a una especie y los afectados por la mortalidad a otra. Los resultados indican que existe una mutua segregación entre los individuos sanos y los afectados, por lo que se postula que la mortalidad se dispone en forma agregada como es el caso de las infecciones de raíz. Finalmente se discuten las ventajas y desventajas del método empleado.

INTRODUCCION

El ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) está sufriendo una mortalidad desde hace varias décadas. Estudios recientes de Havrylenko *et al.* (1989) indican que la misma se dispersa paulatinamente, extendiéndose actualmente por casi toda el área de la distribución de esta especie en la Argentina. La causa de esta mortalidad, que presenta una sintomatología determinada y constante, permanece desconocida (Varsavskiy *et al.*, 1975; Havrylenko *et al.*, 1989).

La distribución espacial que presentan los individuos afectados es uno de los aspectos del estudio de la mortalidad que contribuye al conocimiento del agente causal (Foster y Johnson, 1963a,b; Pielou, 1965; Madden *et al.*, 1982). Asimismo la distribución espacial permite conocer el modo y las condiciones en que se dispersa una epidemia, y aporta información necesaria para su cuantificación y futuro control (Campbell y Noé, 1985).

El objeto de este trabajo es realizar un estudio

de la asociación espacial que presentan entre sí los individuos afectados y no afectados por la mortalidad en bosques naturales de ciprés.

METODOLOGIA

Se utilizaron cuatro parcelas de áreas variables (cuadro 2) (previamente establecidas para otros fines) en diferentes bosques naturales con dominancia de ciprés dentro del Parque y Reserva Nacional Nahuel Huapi (Argentina). Dos de ellas, ubicadas en la Isla Victoria, y las dos restantes en el área suburbana de S.C. de Bariloche. Todos los bosques escogidos para la ubicación de las parcelas presentaban algún grado de secamiento y de mortalidad.

En cada una de las parcelas se aplicó el método de determinación de la segregación espacial entre dos especies propuesto por Pielou (1974). Este método fue adaptado a los fines del presente trabajo, considerando a los individuos afectados por la

mortalidad como pertenecientes a una especie y a los individuos sanos como pertenecientes a la otra. De esta forma, la tabla de contingencia de 2 x 2 que utiliza el método original resulta con las modificaciones que se muestran en el cuadro 1.

CUADRO 1

Tabla de contingencia de 2 x 2 modificada. Modified contingency 2x2 table.

		Vecino más cercano		
		sano	afectado	
Árbol base	Sano	a	b	a + b
	Afectado	c	d	c + d
		a + c	b + d	n

Donde "a" es el número de veces que ambos miembros del par "árbol base-individuo más cercano" resultaron ser sanos; "b" es la cantidad de veces que habiendo escogido un individuo sano como "árbol base" el "individuo más cercano" se encontraba afectado; "c" es el caso inverso de "b", y "d" es el número de veces en que tanto el "árbol base" como su "individuo más cercano" resultaron estar afectados. Siendo "n" el número total de pares. Para que los valores esperados de todas las casillas de la tabla de contingencia 2 x 2 resultaran mayores que 5 (Pielou, 1974), fue necesaria la elección de sitios con altos valores de incidencia de la mortalidad.

Se consideró "árbol afectado" a todo individuo en pie con señales evidentes de defoliación y/o de amarillamiento profuso del follaje (Havrylenko *et al.*, 1989). Para los fines del presente estudio también se consideraron afectados los árboles caídos, cuyas raíces presentaran un estado generalizado de degradación, bajo la presunción de que su caída había sido provocada por falta de anclaje al suelo.

La elección de los árboles base se realizó al azar, mediante un paseo aleatorio, sorteando en primer término la dirección a seguir (de 0 a 360°, medidos con brújula), y en segundo lugar, el número de pasos a caminar. Ambos sorteos se efectuaron utilizando tablas de números al azar. El paseo aleatorio se inició siempre en el centro de cada parcela. Una vez que se transitó el trayecto correspondiente al primer sorteo se buscó el árbol más cercano (árbol base) y su vecino inmediato. A continuación se sorteó el siguiente trayecto para escoger el próximo par "árbol base-individuo más cercano", y así sucesivamente. Cada vez que el trayecto condujo fuera de los límites de la parcela, éste se descartó.

No se incluyeron en los pares de árboles a aquellos cipreses menores de 10 cm de DAP. Cada árbol base fue marcado para que no fuera considerado como tal más de una vez a lo largo del muestreo. El tamaño de la muestra, dado por el número de pares "árboles base-vecino más cercano" (n) a considerar en cada parcela, se calculó en base al "tamaño de muestra para comparar dos proporciones" (Snedecor y Ccchram, 1971) con un valor de **a** igual a 0.05. Para aplicar este método fue necesario realizar un muestreo piloto previo con un n = 30 pares "árbol base-individuo más cercano", con el fin de calcular el tamaño de muestra definitivo a utilizar.

La incidencia de la afección (en porcentaje) en cada parcela se calculó como el total de los individuos afectados (2d + b + c del cuadro 1) dividido el total de individuos muestreados (2n) por 100.

RESULTADOS

El tamaño muestral definitivo adoptado para cada parcela, la incidencia de la mortalidad y los resultados del test Ji-cuadrado se muestran en el cuadro 2.

Dado que todos los valores del cuadro 2 resultaron mayores que el valor crítico, se decidió rechazar la hipótesis nula de que el estado sanitario del individuo es independiente del estado sanitario de su vecino más cercano.

CUADRO 2

Area, incidencia de la mortalidad, tamaño de la muestra y resultados del test de Ji-cuadrado de las parcelas.

Plot areas, incidence of mortality, sample size and Chi-square test results.

Parcela N°	1	2	3	4
Area (há)	2	5	1.5	1.5
Incidencia (%)	35.7	25.5	57	56
Tamaño de la muestra (n)	42	100	50	50
Test Ji-cuadrado*	7.75	6.93	3.89	7.74

* Para un nivel de significación de 0.05 el valor crítico del test de Ji-cuadrado es 3.841.

DISCUSION

Para estudiar el tipo de distribución espacial de las poblaciones los métodos más corrientemente utilizados son aquellos que determinan el patrón espacial de las mismas. La asociación espacial, además

de diferir metodológicamente, implica un concepto diferente del de patrón. El concepto de patrón espacial hace referencia a la disposición de los individuos sobre el terreno (Pielou, 1974), mientras que el concepto de asociación espacial se refiere a la ubicación relativa de una clase de individuos respecto de otra, sin tener en cuenta su disposición respecto del terreno.

Desde el punto de vista metodológico, la relativa sencillez del método empleado permitió obtener una rápida información acerca de la disposición espacial de la afección, necesaria para complementar una investigación más amplia dirigida a caracterizar la mortalidad del ciprés y determinar su etiología. En contraste, la determinación del patrón espacial si bien provee de mayor información, es más difícil. Los métodos de patrón espacial que utilizan cuadrículas presentan el inconveniente de que los resultados dependen del tamaño de las mismas (Pielou, 1959; Payandeh, 1970; Poole, 1974); para salvar este inconveniente se pueden realizar pruebas con diferentes tamaños, lo cual resulta laborioso. Alternativamente se puede elegir un tamaño de cuadrícula adecuado a la población de acuerdo al conocimiento previo que se tenga de la misma, información con la que no se contaba en este caso, por tratarse de una afección en bosques naturales jamás estudiada. Los métodos basados en distancias (sin cuadrículas) requieren de mediciones de distancias, de estimaciones previas de densidad de la población y de la elección de puntos al azar sobre el terreno (Pielou, 1959). Además con estos métodos es necesario determinar tanto el patrón espacial de todos los individuos de la población (sanos + afectados) como el de los afectados solamente, porque, de no ser así, los resultados pueden conducir a conclusiones equívocas (Foster y Johnson, 1963a). Los métodos basados en análisis de corridas requieren el trazado de transectas (Pielou, 1963; Madden *et al.*, 1982) y en algunos casos de procedimientos estadísticos complicados (Madden *et al.*, 1982). Por ello, a los fines del presente trabajo el método de la asociación espacial se consideró más adecuado que los métodos de patrón espacial.

De acuerdo con los resultados obtenidos, que el estado sanitario de un individuo no sea independiente del estado sanitario de su vecino más cercano, implica que existe asociación entre individuos que presentan un mismo estado sanitario (Pielou, 1974). Es decir, que los árboles afectados por la mortalidad se encuentran segregados de aquellos no afectados. Por ello se postula que la mortalidad se dispone en forma agrupada, sugiriendo un proceso de contagio por cercanía de un árbol afectado a otro sano (Pielou, 1965; Madden *et al.*, 1982). Este tipo de proceso usualmente se verifica en el caso de organismos patógenos de raíz (Foster y

Johnson, 1963a,b; Zobel *et al.*, 1985; Hadfield, 1985; Filip, 1979; Campbell y Noé, 1985). Por el contrario, tanto en las enfermedades fisiogénicas como en las enfermedades que se transmiten en forma aérea los individuos enfermos resultan en una disposición espacial aleatoria (Foster y Johnson, 1963a,b; Madden *et al.*, 1982).

Al respecto, es importante mencionar que los resultados obtenidos en este trabajo permiten reafirmar las hipótesis que sostienen que la mortalidad de *A. chilensis* es producida por un agente biótico localizado en la rizosfera (Havrylenko *et al.*, 1989).

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. L. Sancholuz por su asesoramiento en la investigación; a la Lic. N. Baccalá y al Dr. H. Zaixo por el asesoramiento en temas de estadística, y al Dr. H. Peredo L. por la lectura crítica del manuscrito.

REFERENCIAS

- CAMBELL, C.L.; NOE, J.P. 1985. "The spatial analysis of soilborne pathogens and root diseases", *Ann. Rev. Phytopathol.* 23: 129-148.
- FILIP, G.M. 1979. "Root disease in Douglas-fir plantations is associated with infected stumps", *Plant Dis. Repr.* 63: 580-583.
- FOSTER, R.E.; JOHNSON, A.L.S. 1963(a). "Studies in forest pathology XXV. Assessments of pattern, frequency distribution, and sampling of forest disease in Douglas fir plantations". Can. Dept. Forestry, *For. Ent. & Path. Br.* 52 pp.
- . 1963 b). "The significance of root rot and frost damage in some Douglas fir plantations. Can. Dept. Forestry, *For. Ent. & Path. Br.*, Contribution 936: 266-272.
- HADFIELD, J.S. 1985. *laminated root rot; a guide for reducing and preventing losses in Oregon and Washington forests.* USDA, Forest Service, Pacific Northwest Region, Forest Pest Management, Portland, Oregon, 13 pp.
- HAVRYLENKO, M.; ROSSO, P.H.; FONTENLA, S.B. 1989. "*Austrocedrus chilensis*: contribución al estudio de su mortalidad en Argentina", *Bosque* 10 (1), (en prensa).
- MADDEN, L.V.; LOUIE, R.; ABT, J.J.; KNOKE, J.K. 1982. "Evaluation of tests for randomness of infected plants", *Phytopathology* 72: 195-198.
- PAYANDEH, B. 1970. "Comparison of methods for assessing spatial distribution of trees", *Forest Sci.* 16: 312-317.
- PIELOU, E.C. 1959. "The use of point-to-plant distances in the study of the pattern of plant populations", *J. Ec.* 47: 607-613.
- . 1963. "The distribution of diseased trees with respect to healthy ones in a patchily infected forest", *Biometrics* 19: 450-459.
- . 1965. "The spread of disease in patchily-infected forest stands", *Forest Science* 11: 18-26.
- . 1974. *Population and community ecology: principles and methods.* Garden and Breach Science Publishers, N.Y. 424 pp.

P.H. ROSSO, M. HAVRYLENKO, S.B. FONTENLA

- POOLE, R.W. 1974. *An introduction to quantitative ecology*. McGraw-Hill Book Company, N.Y. 532 pp.
- SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. 1971. *Métodos Estadísticos*. Cía. Editora Continental S.A., México, 703 pp.
- VARSAVSKY, E.; BETUCCI, L.; RODRIGUEZ GARCIA, D. 1975. *Observaciones preliminares sobre la mortandad del ciprés (Austrocedrus chilensis) en los bosques patagónicos*. Fundación Bariloche, Publicación 19, 11 pp.
- ZOBEL, D.B.; ROTH, L.F.; HAWK, G.M. 1985. *Ecology, pathology and management of Port-Orford-cedar (Chamaecyparis lawsoniana)*. Gen. Tech. Rep. PNW-184, Portland, OR: USDA, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Exp. St. 161 pp.