

## Capítulo 14

### **Microorganismos fitopatógenos asociados al bosque de Olivillo (*Aextoxicon punctatum* Ruiz et Pav.) en el Parque Nacional Bosque Fray Jorge, IV Región, Chile**

LORGIO E. AGUILERA

#### RESUMEN

En la zona costera de la IV Región, existe un bosque relicto, cuya composición florística presenta afinidades con los bosques valdivianos del sur de Chile. Las formaciones boscosas se encuentran en la cima de los cerros a unos 600 msnm, donde *Aextoxicon punctatum* (olivillo) es la especie dominante. El bosque de olivillo se encuentra fragmentado y los parches boscosos difieren en su estado de conservación debido a su uso como recurso dendroenergético, maderero y la deforestación para el uso agrícola de sus suelos, que tuvo en forma intensiva en el pasado reciente. La disminución de la cobertura arbórea y la pérdida de suelo afectan la interceptación de neblina y nutrición vegetal, respectivamente, y someten a los componentes del bosque a situaciones de rigurosidad ambiental. Bajo estas condiciones, los árboles de olivillos podrían ser más susceptibles a enfermedades. Un estudio descriptivo del bosque, en la década de los 80, encontró que aproximadamente el 60% de los árboles de olivillo presentaban algún síntoma infeccioso causado por hongos. En la actualidad, la actividad agrícola en terrenos aledaños al Parque y el ingreso de turistas al bosque, podrían ser fuentes de inóculos o vectores de bacterias y hongos fitopatógenos, respectivamente, que estarían ingresando agentes infecciosos al interior del bosque de olivillo. En un estudio reciente, se reevaluó el estado fitosanitario del bosque de olivillo con el propósito de establecer si la abundancia de bacterias y hongos fitopatógenos, aislados a partir del suelo y de diferentes órganos de olivillo, se relacionaban con el grado de conservación que presentan algunas áreas dentro del bosque. El estudio reveló que la composición de microorganismos fitopatógenos y la abundancia de bacterias fitopatógenas no diferían entre las distintas áreas estudiadas y que de todas las muestras analizadas, el suelo era el componente que presentaba el mayor número de microorganismos patógenos. Se encontró además, una relación inversa entre el número de hongos fitopatógenos y presencia de micorrizas arbusculares en las raíces de olivillo. Se concluye que no existe una relación entre la abundancia de microorganismos fitopatógenos y el tamaño de los fragmentos del bosque de olivillo. Sin embargo, la presencia de microorganismos patógenos en los suelos y diferentes órganos de olivillo dentro del Parque Nacional Bosque Fray Jorge, representaría un riesgo potencial que podría tornarse crucial en la salud de los componentes del bosque.

**Palabras Clave:** bacterias y hongos fitopatógenos, micorrizas arbusculares

## INTRODUCCIÓN

Los microorganismos fitopatógenos provocan enfermedades en las plantas cultivadas por el hombre, produciendo grandes pérdidas económicas y de rendimiento (Browning 1998). A la fecha, mucho se sabe acerca de la biología de los organismos fitopatógenos y de sus mecanismos de virulencia, lo cual ha permitido diseñar estrategias de prevención y control de patógenos y de las enfermedades que ellos producen (Hervás et al. 1997, Mundt 2000). Sin embargo, existen menos estudios acerca de patología vegetal en especies nativas, y en comunidades vegetales de ecosistemas conservados naturalmente (Myers et al. 2000, Vitousek et al. 1997).

Una buena estrategia para conducir estudios de patología vegetal en comunidades de plantas nativas conservadas es desarrollar investigaciones en Parques Nacionales. En el sector costero de la IV Región existe el Parque Nacional Bosque Fray Jorge, que fue creado en 1941 y que en 1977 fue declarado por la UNESCO Reserva Mundial de la Biosfera. Dentro del Parque, existe un bosque relicto de épocas geológicas con climas más méxicos, cuya composición florística presenta afinidades con los bosques valdivianos del sur de Chile (Villagrán & Armesto 1980, Villagrán et al. Capítulo 1). Este bosque destaca en medio de la vegetación xerofítica, típica de la IV Región. Esta localidad se sitúa en la transición entre la zona climática mediterránea, con intervalos episódicos de sequía durante el invierno y la zona de sequía permanente durante todo el año (Van Husen 1967).

Las formaciones boscosas se encuentran en la cima de los cerros a unos 600 msnm, donde *Aextoxicon punctatum* (olivillo) es la especie dominante (Pérez & Villagrán 1994, Pérez 1994, Squeo et al. Capítulo 9). El bosque de olivillo se mantiene por el mesoclima que generan las neblinas costeras en las cimas de los cerros. Kummerow (1966) determinó, para el periodo 1962 – 1965, que la precipitación total (lluvia + neblina) es cercana a los 850 mm, del cual cerca de los 3/4 corresponde a neblina (ver Capítulos 2 y 16).

En la actualidad el bosque de Fray Jorge se encuentra fragmentado y los diferentes parches boscosos presentan diferentes grados de conservación, determinados por el número de especies, cobertura y estructura (ver Capítulos 8 y 9). Una de las causas que explican el actual estado de fragmentación y conservación del bosque es su uso como recurso dendroenergético, maderero y la deforestación para el uso agrícola de sus suelos que tuvo en forma intensiva en el pasado reciente. La disminución de la cobertura arbórea y la pérdida de suelo afectan la interceptación de neblina y nutrición vegetal, respectivamente, y someten a los componentes del bosque a situaciones de rigurosidad ambiental. Bajo estas condiciones, los árboles de olivillos podrían ser más susceptibles a enfermedades. En un estudio descriptivo del bosque de olivillo en el Parque Nacional Bosque Fray Jorge, Körbler (1982) encontró que el 60% de los árboles de olivillo presentaban algún síntoma infeccioso causado por hongos. Este fue el primer estudio acerca del estado de salud del bosque de olivillo, pero no entrega antecedentes acerca de las especies fúngicas ni se describieron los cuadros micóticos. Es posible que asociado a las actividades antrópicas del pasado, el hombre haya introducido algunas especies microbianas patógenas al interior del bosque. En la actualidad, la actividad agrícola en terrenos aledaños al Parque y el ingreso de turistas al bosque, podrían ser centros de inóculos o vectores de bacterias y hongos fitopatógenos, respectivamente, que estarían ingresando agentes infecciosos al interior del bosque de olivillo. Mas aún, la

deforestación y la subsiguiente pérdida de suelos por erosión, provocan una disminución de la flora microbiana benéfica de los suelos para las plantas que participa en la nutrición vegetal (Ingham et al. 1985) y en algunos casos en la antibiosis de microorganismos patógenos para las plantas (Green et al. 1999). Se ha demostrado además, que sistemas radiculares infectados con hongos micorrícicos resisten el ataque de bacterias y hongos fitopatógenos en relación a sistemas radiculares sin micorrizas (Miller et al. 1986, Green et al. 1999) y le otorgan a la planta una mayor tolerancia a diversas situaciones de estrés (Lichtenthal 1997).

En este Capítulo se describen los resultados de un estudio que tuvo como propósito investigar la presencia de microorganismos fitopatógenos asociados al bosque de Olivillo dentro del Parque Nacional Bosque Fray Jorge y establecer si la abundancia de bacterias y hongos fitopatógenos, aislados a partir del suelo y de diferentes órganos de olivillo, se relacionan con a) el grado de fragmentación que presentan algunas áreas dentro del bosque, y b) con los niveles de micorrización arbuscular de las raíces de olivillo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Sitio de estudio*

El Parque Nacional Bosque Fray Jorge tiene un área de 9.959 ha. y se encuentra en el sector costero de la Provincia del Limarí, Comuna de Ovalle, IV Región, entre los 30°38' y 30°34' S y los 71°35' a 71°43' O. La precipitación promedio anual al interior del Parque en los últimos 30 años es de 85 mm (Gutiérrez et al. 1993). Presenta una humedad relativa media del 85% con un rango térmico que va entre 7 °C en invierno hasta 23 °C en verano. En su límite oeste es atravesado por una franja de cerros costeros llamados Altos de Talinay que alcanzan una altitud máxima de 667 msnm. En la cima de algunos de estos cerros, entre los 30°30' y 30°42' S se encuentran formaciones boscosas tipo Laurifolio de naturaleza relictas, cubriendo una distancia de 22 km. La especie dominante es olivillo (*Aextoxicon punctatum* Ruiz et Pav.). La existencia de este bosque relictos estaría determinada por el mesoclima que generan las neblinas costeras en la cima de los cerros (Philippi 1884). Dentro del bosque, la disponibilidad de agua y diferencia de humedad determina dos asociaciones vegetales básicas: en los sectores de mayor humedad, al abrigo de la constante condensación de las neblinas está la asociación *Aextoxicon punctatum* - *Drimys winteri* - *Myrceugenia correifolia*, siendo la segunda especie la que se reproduce con mayor velocidad. La otra asociación está constituida por *Aextoxicon punctatum* - *Myrceugenia correifolia*, y se localiza en el sector norte y más seco del bosque (Capítulo 9). Los patrones de precipitaciones en la región muestran una periodicidad aproximada de 3-4 años. Un año muy lluvioso es seguido por 2-3 años de lluvias bajas (Armesto et al. 1993, Gutiérrez & Meserve 2003, Capítulo 2). El catastro pluviométrico de los últimos diez años del parque, muestra años normales, años secos y años con precipitaciones superiores a 200 mm asociados al fenómeno de "El Niño" (Gutiérrez & Meserve 2003).

### *Muestreo de suelos y plantas*

Dentro del área del bosque de olivillo, se eligieron tres sectores que presentaban diferentes tamaños de parches: Sector 1, identificado como "área de manejo" ubicado en el extremo norte del bosque. Este sector presentaba fragmentos de bosque de olivillo inferiores a 25 m de diámetro, y corresponden a los de menor tamaño y menor grado de conservación, determinado por el número de especies, cobertura y

estructura (Capítulo 9); Sector 3, conocido como "El Solón", y que se encuentra ubicado en el extremo sur del bosque. Presentaba fragmentos superiores a 80 m de diámetro y corresponden a los de mayor tamaño y mayor grado de conservación; Sector 2, conocido como "Sendero de Interpretación", está ubicado entre los dos sectores anteriores y que tenía fragmentos de bosque entre 30 y 60 m de diámetro. En cada uno de los tres sectores y a mediados de cada estación climática del año 1999 se colectó muestras de hojas, raíces, cortezas y suelos rizosféricos de olivillos. En cada sector se eligieron al azar tres fragmentos (bosquetes) de olivillo. En cada bosquete se colectaron 3 muestras. Las muestras de suelo (1 kg) se tomaron en el centro de cada bosquete y a una profundidad de 0 - 20 cm, que corresponde a la zona de abundancia preferencial de microorganismos (Aguilera et al. 1999). Las muestras vegetales (1 kg) se tomaron aleatoriamente de los árboles del bosquete. Ambos tipos de muestras se almacenaron en bolsas plásticas y fueron trasladadas dentro de las tres horas siguientes al laboratorio.

#### *Análisis microbiológicos*

En el laboratorio de Microbiología, Universidad de La Serena, las muestras de suelo fueron tamizadas a 2 mm y las muestras vegetales se pulverizaron en un molino. A partir de cada muestra se realizaron diluciones seriadas decimales hasta  $10^{-5}$ . A partir de cada dilución se sembró por diseminación en superficie, una alícuota de 0,1 mL sobre placas Petri que contenían Agar Nutriente y Agar Papa Dextrosa mejorados con extractos e infusiones acuosas de cada una de las muestras. Las placas sembradas se incubaron por 2 a 5 días a 25 °C. Adicionalmente y siguiendo la técnica de Seeley et al. (1991), con materiales vegetales de cada una de las muestras, se prepararon cámaras húmedas para estudiar hongos patógenos difíciles de cultivar en medios artificiales. El recuento y caracterización macroscópica de colonias se hizo bajo microscopía estereoscópica. Las colonias sospechosas se caracterizaron microscópicamente mediante la descripción de frotis teñidos bajo microscopía óptica de campo claro y de fase contrastada. Adicionalmente a los aislados bacterianos se les sometió a pruebas bioquímicas convencionales. Para probar el poder fitopatógeno de los aislados microbianos sospechosos se hizo una prueba presuntiva de su infectividad inoculándolos en plántulas de *Medicago sativa* y de *A. punctatum* como plantas sensoras (Agrios 1991). Adicionalmente, se determinó el porcentaje de infección de raíces de olivillo con hongos simbiosntes micorrizas arbusculares siguiendo la técnica de Phillips y Hayman (1970).

#### *Análisis de datos*

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un Análisis de Varianza Factorial de 4 x 3 x 4 (Steel & Torrie 1985). El primer factor correspondió a la época de muestreo (a la mitad de las cuatro estaciones climáticas), el segundo factor correspondió al sector del bosque muestreado (bosque con parches inferiores a 25 m de diámetro, bosque con parches entre 30 y 60 m de diámetro y bosque con parches grandes superiores a 80 m de diámetro) y el tercer factor fue el tipo de muestra colectada (suelo, raíz, corteza y hojas).

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los microorganismos fitopatógenos pueden modificar la abundancia y estructura del componente vegetal de un ecosistema natural, ya que su desarrollo sobre los distintos órganos de las plantas compromete la viabilidad del vegetal al afectar a) la absorción

y translocación de agua y nutrientes, b) la absorción de radiación solar, c) la tasa de asimilación y redistribución de fotosintetatos, d) la germinación y densidad final de plantas establecidas (Browning 1998). En este estudio se encontró, en muestras de suelos y órganos vegetales, bacterias y hongos que pueden provocar patologías en los diversos órganos de Olivillo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Presencia de algunos géneros microbianos fitopatógenos en suelos y diferentes órganos de Olivillo (*Aextoxicon punctatum*) en el Parque Nacional Bosque Fray Jorge, IV Región, Chile. +: aislado en al menos una muestra; -: sin aislar en ninguna de las muestras.

Géneros	Sector 1				Sector 2				Sector 3			
	Suelo	Raíz	Corteza	Hoja	Suelo	Raíz	Corteza	Hoja	Suelo	Raíz	Corteza	Hoja
<b>Bacterias</b>												
<i>Agrobacterium</i>	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-
<i>Xanthomonas</i>	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+
<i>Pseudomonas</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Streptomyces</i>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
<b>Hongos</b>												
<i>Phytophthora</i>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
<i>Pythium</i>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
<i>Mucor</i>	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+
<i>Rhizopus</i>	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
<i>Cytospora</i>	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+
<i>Capnodia</i>	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+
<i>Aphanomyces</i>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-

El aislamiento de bacterias del género *Streptomyces* y hongos del género *Pythium* fue más frecuente dentro de las muestras de suelos y raíces, en cambio bacterias del género *Pseudomonas* y hongos del género *Capnodia* fueron aislados en mayor proporción en las muestras de corteza y hojas. Aunque, especies de estos géneros se pueden aislar de diferentes órganos dentro de un árbol (Agrios 1991), estos resultados pueden reflejar la presencia de cepas con una mayor especificidad por ciertos órganos del vegetal. La abundancia de bacterias y hongos fitopatógenos (Tabla 2) no difirió significativamente entre las distintas épocas del año y bosques muestreados (Tabla 3), a excepción de los tipos de muestras. En las muestras de suelos se encontró significativamente una mayor concentración de hongos fitopatógenos en comparación con las muestras de origen vegetal. Los géneros bacterianos y fúngicos determinados en este estudio, corresponden a microorganismos fitopatógenos de importancia en salud vegetal (Agrios 1991).

**Tabla 2.** Recuento total de bacterias (B) y hongos fitopatógenos (H) en muestras de suelos y diferentes órganos de *Aextoxicon punctatum*, colectadas en tres sectores dentro del Parque Nacional Bosque Fray Jorge a la mitad de las diferentes estaciones del año 1999. El valor corresponde al promedio de tres muestras y está expresado como el logaritmo base 10 de las unidades formadoras de colonias bacterianas o fúngicas por gramo de muestra.

		Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
		B	H	B	H	B	H	B	H
Sector 1	Suelo	3,4	3,6	2,7	3,8	2,5	3,9	2,6	3,5
	Raíz	1,9	3,3	1,6	3,6	1,6	3,4	1,4	3,0
	Hojas	1,1	2,4	0,9	1,8	1,4	1,7	1,5	1,9
	Corteza	0,6	1,7	1,1	1,9	0,7	1,4	0,8	1,3
Sector 2	Suelo	2,9	2,4	2,5	2,3	2,7	2,7	2,2	2,5
	Raíz	1,6	1,6	1,5	2,3	1,3	2,2	1,4	1,7
	Hojas	0,6	1,7	1,6	1,6	1,2	1,5	0,5	1,2
	Corteza	0,9	0,8	1,0	0,7	1,2	0,6	0,4	1,2
Sector 3	Suelo	2,5	2,6	2,1	2,2	2,3	2,8	1,9	2,1
	Raíz	1,3	1,9	1,7	2,3	1,0	2,1	1,2	1,8
	Hojas	1,4	2,1	1,3	1,5	1,6	1,3	0,7	1,4
	Corteza	0,6	0,9	0,5	1,1	0,5	1,0	0,7	0,6

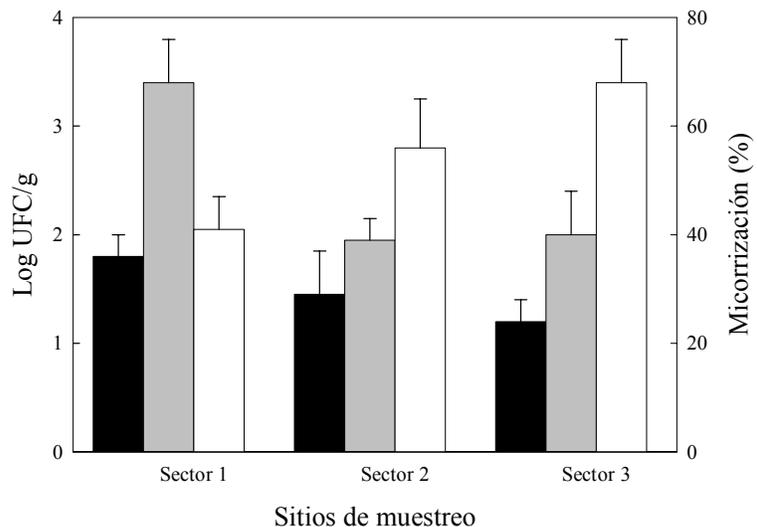
**Tabla 3.** Valores de *F* para el Análisis de Varianza Factorial (4 x 3 x 4) de la abundancia de bacterias y hongos fitopatógenos en el bosque de Olivillo (*Aextoxicon punctatum*) del Parque Nacional Bosque Fray Jorge, IV Región, Chile.

Fuente de Variación	Bacterias fitopatógenas	Hongos Fitopatógenos
Epoca de muestreo (A)	0,85	1,57
Sitio de muestreo (B)	1,94	2,01
Tipo de muestra (C)	2,41	9,56 *
A x B	1,18	2,11
A x C	1,63	2,26
B x C	2,20	2,37
A x B x C	0,90	1,70

\*  $p < 0,05$ ; *gl* total = 143

Especies bacterianas y fúngicas de todos los géneros aislados en esta investigación son reconocidas como saprófitos facultativos (Latorre 1992), ya que presentan cierta capacidad de vida saprofita, pero actúan como parásitos durante la mayor parte de su ciclo de vida. De hecho, especies fitopatógenas de los géneros *Pseudomonas* y *Xanthomonas* colonizan y se multiplican superficialmente en hojas, flores, frutos y cortezas de varias especies vegetales, sin que necesariamente infecten la planta hospedera (Latorre 1992). Sin embargo, representan potenciales fuentes de inóculos, ya que bajo ciertas circunstancias, tales como heridas u otros traumas físico superficiales, pueden invadir tejidos profundos y haces vasculares, causando una

enfermedad. En el bosque estudiado, esta situación sería importante para los árboles de olivillo que están cerca del sendero de interpretación (Sector 2) los cuales generalmente son tallados por turistas con objetos cortantes. Las abundancias de microorganismos patógenos encontradas en este estudio son bajas en comparación a las concentraciones de patógenos en plantas cultivadas (Michailides 1991, Zeigler et al. 1987) y otras especies chilenas nativas (Aguilera et al. 1999). Por ejemplo, el número promedio de hongos fitopatógenos de los suelos estudiados representa menos del 0,01% del recuento total de hongos filamentosos saprofitos mesofílicos aislados de suelos rizosféricos de especies nativas dentro del Parque Bosque Fray Jorge (Aguilera et al. 1999) y de otros sectores áridos de Chile (Aguilera et al. 1998). En todo caso, el nivel de microorganismos patógenos presentes en los suelos y diferentes órganos de olivillo dentro del Parque Bosque Nacional Fray Jorge, representa un inóculo patógeno potencial que podría tornarse crucial en la salud de los componentes del bosque. Por ejemplo, especies fúngicas patógenas del género *Pythium* - que en este estudio fue el hongo patógeno más frecuente en los suelos y raíces de olivillo - son muy virulentas contra las plántulas de árboles en comparación a los adultos dentro de bosques templados (van der Putten 2000). Por lo tanto, es posible que los primeros afectados por estos hongos sean las plántulas de olivillo y no los especímenes adultos. De hecho, en ningún muestreo durante el tiempo que duró este estudio se observó plántulas de Olivillo. Más aún, es probable que esta situación cobre mayor importancia en los sectores con una mayor rigurosidad ambiental como lo serían aquellos bosques de Olivillos localizados en el extremo norte del Parque Nacional. El resultado de esta situación sería una disminución o impedimento del establecimiento de nuevas plántulas de olivillo. Por otro lado, la abundancia de bacterias y hongos fitopatógenos en raíces de Olivillos, de los tres sectores estudiados dentro del Parque, se relacionó de manera inversa con el porcentaje de micorrización de raíces de Olivillo (Fig. 1).



**Fig. 1.** Relación entre abundancia (Log UFC/g) de bacterias (barras negras) y hongos (barras grises) presentes en raíces de olivillo (*Aextoxicon punctatum*) y su porcentaje de micorrización (barras blancas). Los valores graficados corresponden al promedio de todas las muestras de raíces colectadas en el año más un error estándar.

Los hongos micorrizas vesículo arbusculares son componentes típicos dentro de la mayoría de las comunidades de plantas nativas de ambientes conservados (Shivcharn et al. 1993) y tienen una importante participación dentro de los procesos de la rizósfera, que incluyen la protección de planta contra agentes microbianos fitopatógenos (Budi et al. 1999). EL antagonismo de las micorrizas vesículo arbusculares sobre los microorganismos patógenos incluyen la competencia por nutrientes y espacio, la producción de antimicrobianos y la producción de enzimas que degradan paredes celulares microbianas (Green et al. 1999). Estos microorganismos beneficiosos para las plantas, deberían ser considerados en estrategias de salud vegetal dentro del Parque Fray Jorge, especialmente en programas de reforestación del bosque con especies nativas.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece a CONAF-IV Región por el acceso y apoyo logístico en el Parque Nacional Bosque Fray Jorge. Este estudio fue financiado por el Proyecto BIP N° 20092545-0. Esta es una contribución del Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA).

### LITERATURA CITADA

- AGRIOS JN (1991) Fitopatología. Editorial Limusa, España, 756 pp.
- AGUILERA LE, JR GUTIÉRREZ & PL MESERVE (1999) Variation in soil microorganisms and nutrients underneath and outside the canopy of *Adesmia bedwellii* (Papilionaceae) shrubs in arid coastal Chile following drought and above average rainfall. *Journal of Arid Environments* 42: 61-70.
- AGUILERA LE, JR GUTIÉRREZ & PL MESERVE (1998) Vesículo arbuscular mycorrhizae associated with saltbushes *Atriplex* spp. (Chenopodiaceae) in the Chilean arid zone. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 291-302.
- ARMESTO JJ, PE VIDIELLA, & JR GUTIÉRREZ (1993) Plant communities of the fog-free coastal desert of Chile. Plant strategies in a fluctuating environment. *Revista Chilena de Historia Natural* 66: 271-122.
- BROWNING JA (1998) One phytopathologist's growth IPM to holistic plant health. *Annual Review of Phytopathology* 36: 1-24.
- HERVÁS A, B LANDA & RM JIMENEZ-DÍAZ (1997) Influence of host genotype and *Bacillus* sp on protection from *Fusarium* wilt by seed treatment with non-pathogenic *Fusarium oxysporum*. *European Journal of Plant Pathology* 103: 631-642.
- BUDI SW, D TUINEN, G MARTINELLI & S GIANINAZZI (1999) Isolation from the *Sorghum bicolor* mycorrhizosphere of a bacterium compatible with arbuscular mycorrhiza development and antagonistic toward soilborne fungal pathogens. *Applied and Environmental Microbiology* 65: 5148-5150.
- GUTIÉRREZ JR & PL MESERVE (2003) El Niño effects on soil seed bank dynamics in north-central Chile. *Oecologia* 134: 511-517.
- GUTIÉRREZ JR, PL MESERVE, FM JAKSIC, LC CONTRERAS, SH HERRERA & H VÁSQUEZ (1993) Structure and dynamics of vegetation in a Chilean arid thomscrub community. *Acta Oecologica* 14: 271-285.
- GREEN H, J LARSEN, P OLSSON, D JENSEN & I JAKOBSEN (1999) Suppression of the biocontrol agent *Trichoderma harzianum* by mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* in root-free soil. *Applied and Environmental Microbiology* 65: 1428-1434.

- INGHAM RE, JA TROFYROW, ER INGHAM & DC COLEMAN (1985) Interactions of bacteria, fungi and their nematode grazers: effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological Monographs* 55: 119-140.
- KÖRBLER TI (1982) Descripción y análisis del bosque de olivillo (*Aextoxicon punctatum* Ruiz et Pav.) en el Parque Nacional Fray Jorge. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, 98 pp.
- KUMMEROW J (1966) Aporte al conocimiento de las condiciones climáticas del bosque Fray Jorge. *Boletín Técnico* N° 24, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Estación Experimental Agronómica, pp. 21-28.
- LATORRE BG (1992) Enfermedades de las plantas cultivadas. Ediciones Universidad Católica de Chile, 628 pp.
- LICHTENTHALES HK (1996) Vegetation stress. An introduction to the stress concept in plants. *Journal of Plant Physiology* 148: 4-14.
- MICHALILIDES TJ (1991) Characterization and comparative studies of *Mucor* isolates from stones fruits from California and Chile. *Plant Disease* 75: 373-380.
- MILLER JC, S RAJAPAKSE & RK GARBER (1986) Vesicular-arbuscular mycorrhizae in vegetable crops. *HortScience* 21: 974-984.
- MUNDT C (2000) Sustainability, productivity, and the future of agricultura. *Phytopathology News* 34: 80-89.
- MYERS N, RA MITTERMEIER, CG MITTERMEIER, GAB DA FONSECA & J KENT (2000) Biodiversity hotspots conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- PÉREZ C (1994) Indices de esclerofilia en relación a la calidad química de la hojarasca y al grado de mineralización potencial del nitrógeno del suelo superficial del bosque de "olivillo" (*Aextoxicon punctatum* Ruiz et Pav.) en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 67: 113-109.
- PÉREZ C & C VILLAGRÁN (1994) Influencia del clima en el cambio florístico, vegetal y edáfico de los bosques de "olivillo" (*Aextoxicon punctatum* Ruiz et Pav.) de la Cordillera de la Costa de Chile: implicancias biogeográficas. *Revista Chilena de Historia Natural* 67: 77-90.
- PHILLIPI F (1884) A visit to the northern most forest of Chile. *The Journal of Botany* 22: 202 - 211.
- PHILLIPS JM & DS HAYMAN (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesiculo-arbuscular mycorrhizae fungi for rapid assessment of infections. *Transaction British Mycological Society* 55: 158-161.
- SEELEY HW, PH VANDERMARK & JJ LEE (1991) *Microbes in Action A laboratory Manual of Microbiology*. Fourth Edition. W.H. Freeman and Company Ed., New York. 450 p.
- SHIVCHARN SD & JC ZAK (1993) Microbial dynamics in arid ecosystems: desertification and potencial role of mycorrhizas. *Revista Chilena de Historia Natural* 66: 253-270.
- STEEL RGD & JH TORRIE (1985) *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. McGraw-Hill Ed., New York, 622 pp.
- VAN DER PUTTEN WH (2000) Pathogen driven forest diversity. *Nature* 404: 232-233.
- VAN HUSEN C (1967) Klimagliederung in Chile auf der basis von Häufigkeitsverteilungen der Niederschlagssummen. *Freiburger Geographische Hefte* 4: 1-113.
- VILLAGRÁN C & JJ ARMESTO (1980) Relaciones florísticas entre las comunidades relictuales del norte chico y la zona central con el bosque del sur de Chile. *Boletín del Museo de Historia Natural de Chile* 37: 87-101.
- VITOUSEK PM, HA MONEY, J LUBCHENCO, & JM MELILLO (1997) Human domination of earth's ecosystems. *Science* 277: 494-499.

ZEIGLER RS, G ARICAPA & E HOYOS (1987) Distribution of fluorescent *Pseudomonas* spp. causing grain and sheath discoloration of rice in Latin America. *Plant Disease* 71: 896-900.