

Bioclimatología de la Coccidioidomicosis en Baja California, México

Recibido: 2 de junio de 2008. Aceptado en versión final: 17 de diciembre de 2008.

Raúl C. Baptista-Rosas*

Evarista Arellano**

Alejandro Hinojosa***

Meritxell Riquelme****

Resumen. El estudio bioclimático de la Coccidioidomicosis, enfermedad endémica de las zonas áridas de América ocasionada por ascomicetos del género *Coccidioides* spp., tiene una estrecha relación con dos aspectos: la distribución espacial de la enfermedad asociada a ambientes desérticos, y la correlación entre la incidencia de casos y eventos meteorológicos. A pesar de que el noroeste de México es un área endémica bien conocida, la situación actual de la enfermedad prácticamente está inexplorada.

Por tal motivo, en este trabajo se regionalizó la probable área endémica en Baja California, por medio de un sistema de información geográfica (SIG) utilizando variables bioclimáticas, y se analizó la relación entre eventos meteorológicos y los casos reportados de la enfermedad durante el periodo de enero de 1988 a diciembre de 1994.

Se encontró correlación entre el número de casos reportados de la enfermedad, la precipitación pluvial mensual acumulada (PP) y las temperaturas medias máxima y mínima. Existe evidencia a favor de que la región endémica propuesta para Baja California presenta un patrón de lluvias bimodal, en verano y en invierno, característico de zonas bioclimáticas transicionales. Los casos reportados de la enfermedad se registraron principalmente en los meses más secos del año después de las lluvias estacionales. Se concluye que Baja California reúne las condiciones bioclimáticas más favorables para el hábitat de *Coccidioides* spp. en la transición del bioma mediterráneo al desértico.

Palabras clave: Coccidioidomicosis, biogeografía, bioclimatología, geografía médica.

Bioclimatology of Coccidioidomycosis in Baja California, Mexico

Abstract. The bioclimatic study of Coccidioidomycosis, an endemic disease of the arid lands of America, caused by the ascomycetes *Coccidioides* spp., is related to two aspects: the well known spatial distribution of the disease associated to desert environments, and the correlation between the incidence of cases and meteorological events. In Northern

Mexico, the impact and spatial distribution of the disease are practically unexplored. In this work we analyzed the probable endemic area in Baja California based on bioclimatic variables and using Geographic Information Systems (GIS). The relation between meteorological events and the reported cases of the disease was analyzed during the period of January

* Escuela de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Blvd. Juan A. Zertuche y Blvd. de los Lagos, s/n, Frac. Valle Dorado, 22890 Ensenada, Baja California y Programa de Ecología Molecular y Biotecnología UABC. E-mail: baptista@uabc.mx

** Manejo de Ecosistemas en Zonas Áridas, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California.

*** Laboratorio de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica, Departamento de Geología, División de Ciencias de la Tierra, Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE), Baja California, México.

**** Departamento de Microbiología, División de Biología Experimental y Aplicada, Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE), Baja California, México.

1988 to December 1994. A correlation between the number of reported cases for the disease, the accumulated monthly pluvial precipitation (PP) and the high and low average temperatures was found. Existing evidence proposes that the endemic region of Baja California has a bimodal rain pattern, in Summer and Winter, which is characteristic of bioclimatic transition zones. The reported cases of the disease were registered mainly in the driest months of the year after seasonal rains. It is considered that in the most Southern region of Baja California the most favorable bioclimatic conditions for the habitat of *Coccidioides* spp. are met; in the transition zone of Mediterranean-desert biomas.

Key words: Coccidioidomycosis, biogeography, bioclimatology, medical geography.

INTRODUCCIÓN

El clima y los eventos meteorológicos son fenómenos de alto impacto en la salud pública. El consenso actual a nivel mundial considera que constituyen algunos de los factores más importantes relacionados con brotes de enfermedades infecciosas emergentes (McCarthy *et al.*, 2001). En este sentido, el establecimiento de regiones bioclimáticas para las enfermedades permite analizar las interacciones entre organismos y eventos climáticos. Esta dinámica explora algunos factores relacionados que interactúan en estos complejos sistemas multivariados y estocásticos.

La Coccidioidomycosis (CM), es una micosis sistémica endémica de las zonas desérticas de América ocasionada por hongos ascomicetos dimórficos de los que hasta este momento se han identificado dos especies: *Coccidioides immitis* y *C. posadasii*. En las dos últimas décadas se ha incrementado notablemente el reporte de casos y brotes epidémicos relacionados con factores ambientales (Baptista y Riquelme, 2007). Se estima que sólo en Estados Unidos existen 100 000 casos de primoinfección por *Coccidioides* spp. anualmente (Chiller *et al.*, 2003). Sin embargo, la situación actual de CM en México está prácticamente inexplorada (Baptista *et al.*, 2007).

Se ha establecido recientemente una estrecha correlación de la enfermedad con eventos atmosféricos climáticos y meteorológicos (Kolivras *et al.*, 2001; Kolivras y Comrie, 2003, Comrie, 2005, Park *et al.*, 2005; Zender y Talamantes, 2006).

Previo al desarrollo de SIG, Maddy y Cocozza (1964), propusieron que la península de Baja California y gran parte de los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas tenían condiciones propicias para el desarrollo de la enfermedad. Según las condiciones climatológicas documentadas en las principales zonas endémicas del suroeste de Estados Unidos, estos autores definieron que la temperatura media máxima de 25.0° C o mayor en el mes más cálido del año, la temperatura media mínima no menor de 1.7° C en el mes más frío del año y la pluviometría media anual menor a 508 mm eran las condiciones ideales para el hábitat del hongo.

En Baja California, estos datos bioclimáticos sugirieron que el valle de Mexicali y la costa del Golfo de California, desde el delta del río Colorado hasta el sur de Mulege, eran probablemente las áreas más importantes para el desarrollo de *Coccidioides* spp. Parte de estos resultados se correlacionaron con la evidencia epidemiológica en ese entonces (Baptista y Riquelme, 2007). Se ha establecido recientemente que este incremento en las tasas de prevalencia para la enfermedad y brotes epidémicos importantes documentados en Norteamérica, tienen una estrecha relación con el clima característico de la región y con los fenómenos meteorológicos relacionados principalmente a la precipitación pluvial (Kolivras *et al.*, 2001; Kolivras y Comrie, 2003; Comrie, 2005; Park *et al.*, 2005; Zender y Talamantes, 2006).

Desde 1991 se ha observado un dramático incremento en el reporte de número de casos en California y Arizona en Estados Unidos (CDC Atlanta 1996, 2003). A pesar de esto, la situación epidemiológica actual de esta enfermedad micótica no se ha estudiado con la atención que merece (Baptista y Riquelme, 2007).

Por este motivo, el principal objetivo de este estudio fue establecer la relación entre el clima y eventos meteorológicos con la evidencia epidemiológica disponible hasta el momento en Baja California, México.

ENFOQUE METODOLÓGICO

De los anuarios estadísticos del Sistema Nacional de Salud se obtuvo el número de casos reportados mensualmente de Coccidioidomycosis en el estado de Baja California de enero 1988 a diciembre de 1994 (Secretaría de Salud, 2006), y del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), los registros diarios de temperaturas máxima y mínima, así como pluviometría de las estaciones meteorológicas históricas y activas actualmente en el estado de Baja California para ese mismo periodo de tiempo.

Con base en los criterios de Maddy y Coccozza (1964) por medio de SIG empleando el software ESRI ArcView^{MR} 3.2, se regionalizaron espacialmente las zonas con condiciones favorables para el desarrollo del hongo y se delimitó así las probables áreas endémicas en Baja California.

Se digitalizaron las cartas de efectos climáticos regionales de Baja California escala 1:250 000 proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1984). Una vez digitalizadas, se georreferenciaron en sistema de coordenadas geográficas con Datum NAD 1927 y elipsoide de Clarke 1866. A partir de la regionali-

zación, se localizaron las estaciones meteorológicas dentro del área en estudio con el fin de excluir las estaciones meteorológicas fuera de la probable área endémica propuesta (Figura 1).

Para explorar la relación entre el reporte de casos mensuales de la enfermedad y eventos meteorológicos, partir de la información climatológica generada de la regionalización y el número de casos mensuales de la enfermedad, se modeló mediante una regresión polinomial el número de casos en función de la precipitación pluvial mensual acumulada, la temperatura media máxima mensual y la temperatura media mínima mensual.

RESULTADOS

Se encontró que las áreas endémicas potenciales presentan una distribución espacial a lo largo de la vertiente oriental de la Sierra Juárez y la Sierra de San Pedro Mártir. El límite de esta regionalización coincide con la zona de transición entre el bioma mediterráneo y las áreas desérticas cerca del paralelo 30° (Figura 1). Se situaron espacialmente 17 estaciones del SMN dentro del área endémica propuesta.

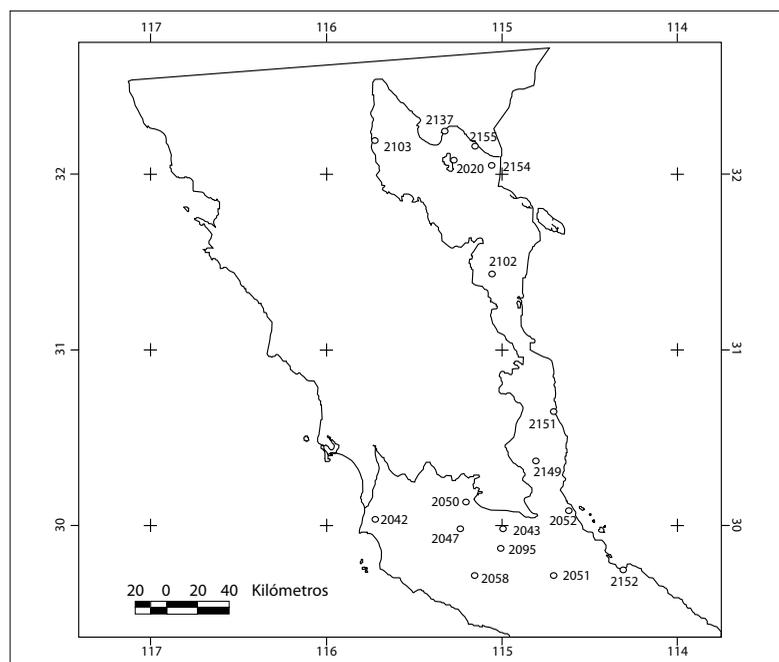


Figura 1. Regionalización de la probable área endémica para Coccidioidomycosis para el estado de Baja California de acuerdo con criterios de Maddy y Coccozza (1964). Los puntos señalados (o) corresponden a las estaciones meteorológicas de la CNA/SMN empleadas en el análisis bioclimático en este trabajo.

Después del análisis bioclimático en el área en estudio se encontró que a nivel regional hay una gran variabilidad en la pluviometría relacionada claramente con la topografía de la península de Baja California (Figura 2). Como consecuencia del efecto de sombra orográfica, la precipitación pluvial es más elevada en las zonas altas de la Sierra de San Pedro Mártir y la Sierra Juárez, moderada en la costa del Pacífico y muy baja en la costa del Golfo de California. Es por esto que se presenta una gran heterogeneidad de microclimas en pequeñas extensiones, y provoca que el área endémica siga un patrón pluviométrico transicional bimodal con escasas lluvias ocasionales en verano e invierno y con pluviometría mensual acumulada promedio menor a 30 mm (Figura 2).

La tasa de incidencia de la enfermedad en Baja California sigue un patrón relacionado con la cantidad de lluvia acumulada anualmente (Figura 3). Por otro lado, los meses con mayor número de casos reportados fueron generalmente los más secos del año (Figura 4).

Al explorar la relación entre la precipitación pluvial y el número de casos reportados de *Coccidioidomycosis* en Baja California, la información disponible se ajustó al modelo de regresión polinomial de cuarto orden ($p < 0.05$; Tabla 1, Figura 5), con la siguiente expresión:

$$\log_{10}(\# \text{ casos} + 1) = 0.3372 - 0.0795 * (\text{pp}) + 0.0098 (\text{pp})^2 - 0.0004 * (\text{pp})^3 + 3.9301 \times 10^{-6} (\text{pp})^4$$

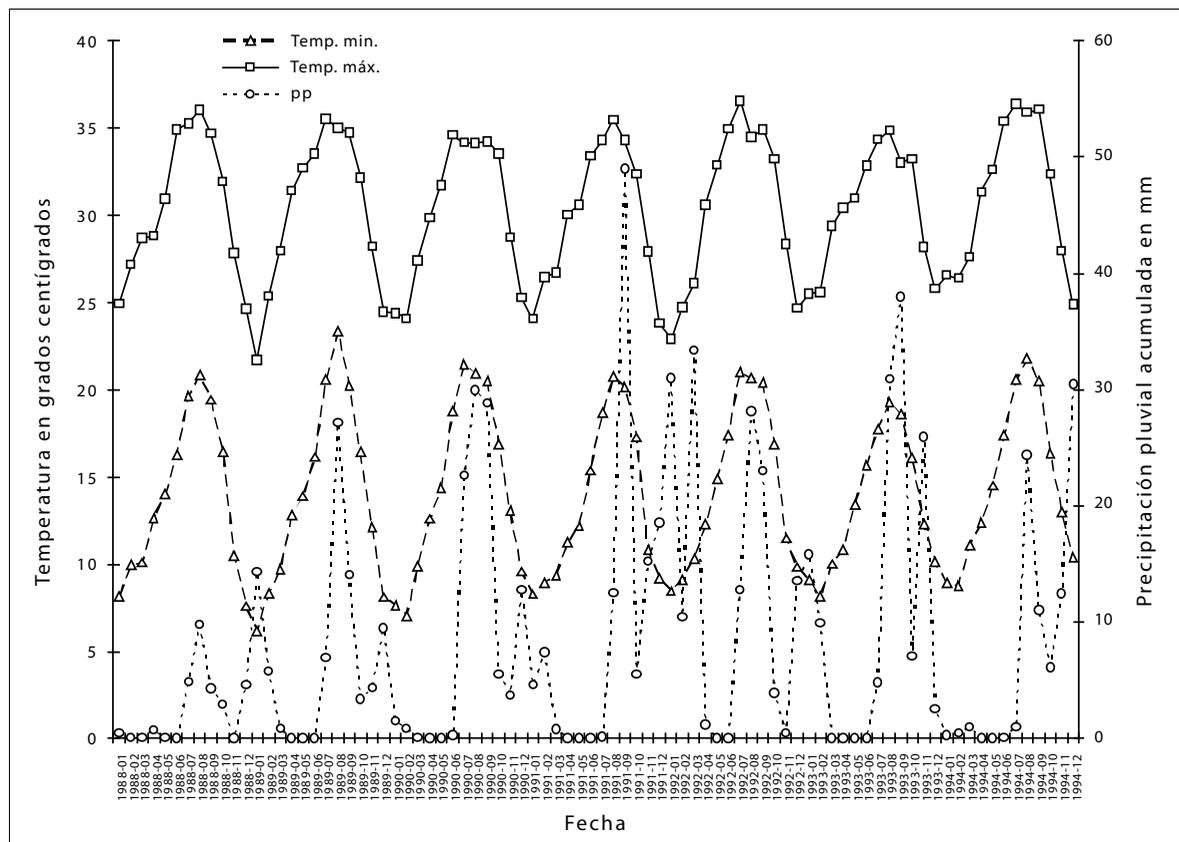


Figura 2. Climatología regional de Baja California. Relación de precipitación pluvial (pp), temperatura máxima (Tmax) y temperatura mínima (Tmin) para el área en estudio durante enero de 1988 a diciembre de 1994. Las flechas señalan el patrón de transición con dos picos de lluvias estacionales durante verano (julio a septiembre) e invierno (diciembre a marzo). El aumento de la precipitación pluvial durante el invierno de 1991 precedió el reporte de casos más elevado durante el tiempo de estudio.

Cuando el análisis de regresión polinomial se lleva a cabo empleando la fecha con variable independiente y el número de casos como variable dependiente, no se obtuvo correlación estadística, lo que sugiere que no existe una época del año que concentre el mayor número de casos como se describe en reportes previos de la enfermedad, y

está más relacionado con los patrones climáticos y eventos meteorológicos característicos de esta región.

El análisis estadístico llevado a cabo muestra correlación entre los casos reportados y el clima característico de la probable área endémica propuesta con $p < 0.05$ (Tabla 2).

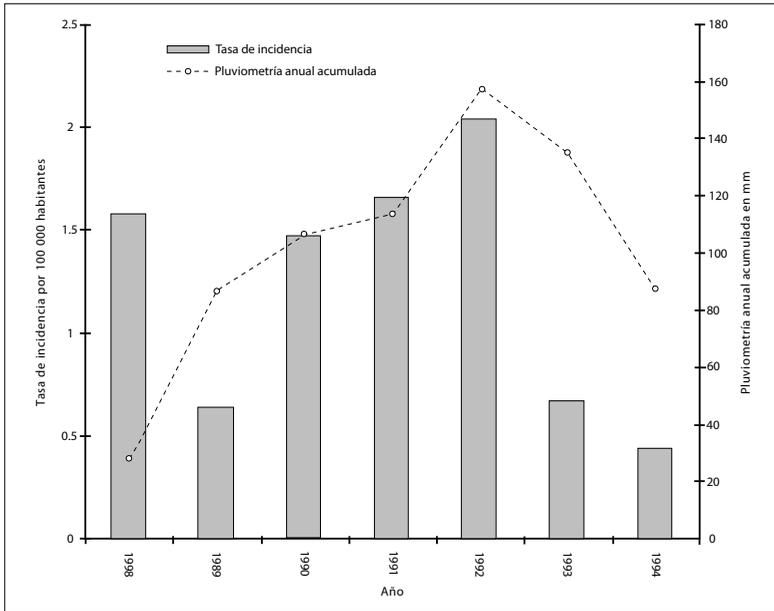


Figura 3. Tasa de incidencia de Coccidioidomycosis anual y su relación con la precipitación pluvial anual acumulada en el área en estudio en el estado de Baja California.

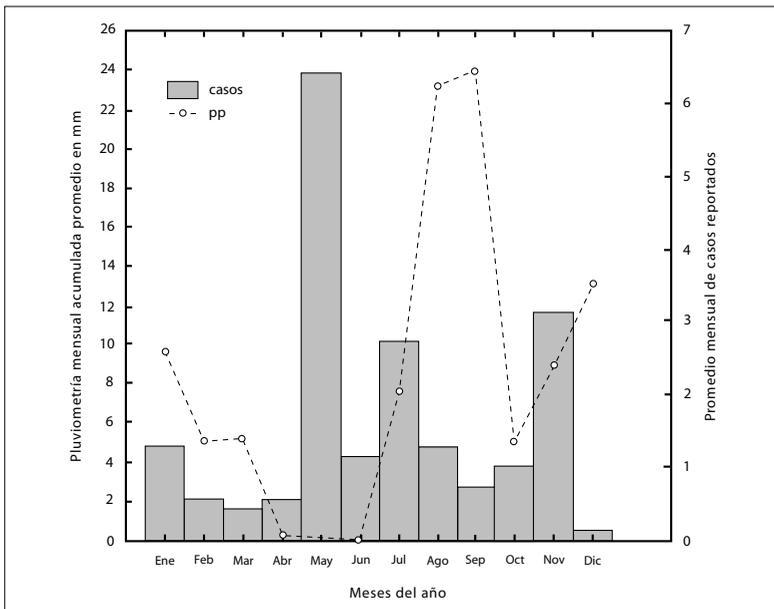


Figura 4. Promedio de casos de Coccidioidomycosis reportados mensualmente y su relación con la precipitación pluvial media mensual en el área en estudio de 1988 a 1994.

Tabla 1. Parámetros estimados por análisis de regresión polinomial para modelación bioclimática de Coccidioidomycosis en Baja California, México

Variable dependiente log10(#casos+1)	Intersección	pp	pp^2	pp^3	pp^4
Parámetro	0.337225	-0.079493	0.009754	-0.000359	0.000004
Error estándar	0.058127	0.03269	0.003916	0.000147	0.000002
t-student	5.80151	-2.43175	2.49059	-2.44516	2.38428
p<0.05	0	0.017381	0.014936	0.016794	0.019608
Límite confidencial inferior -95.00%	0.221455	-0.1446	0.001954	-0.000651	0.000001
Límite confidencial superior 95.00%	0.452996	-0.014386	0.017554	-0.000066	0.000007
Beta		-2.7754	12.2076	-18.0375	8.6904
Error estándar de Beta		1.141327	4.901516	7.376835	3.644869
Límite confidencial Inferior -95.00% para Beta		-5.0486	2.4454	-32.7298	1.431
Límite confidencial superior para Beta 95.00%		-0.50227	21.96986	-3.34527	15.94977

DISCUSIÓN

La lluvia es una de las variables ambientales más importantes recientemente analizadas en relación con tasas de incidencia y brotes epidémicos de la enfermedad, ya que el 60% de los casos en las áreas de mayor prevalencia ocurren después de las lluvias estacionales (Kolivras *et al.*, 2001; Kolivras y Comrie, 2003).

Coccidioides, como todos los miembros del reino *Fungi* son poiquilohídricos, es decir, carecen de la capacidad para regular la proporción de agua dentro de las hifas con respecto al medio externo, por lo que dependen totalmente de la humedad del medio ambiente. No obstante, este tipo de hongos, como otras especies de zonas áridas, están adaptados para sobrevivir con poca disponibilidad de agua. Algunos géneros de hongos extremófilos pueden desarrollarse en condiciones en que la mayoría de las plantas xerófitas mueren e, inclusive, algunos miembros del género *Aspergillus* pueden desarrollarse en condiciones extremas de sequía (Deacon, 1997).

Durante la década de los noventa, el consenso general sobre los brotes epidémicos de la Coccidioidomycosis era que oscilaban siguiendo un patrón

en relación con ciclos hidrológicos del ecosistema (Watson *et al.*, 1996) y que probablemente estaban en función a eventos climáticos, como el fenómeno El Niño/Oscilación Austral (ENOA), el cual ocasiona periodos de sequías intensas en el noroeste de la República Mexicana (Magaña *et al.*, 1999).

Los estudios bioclimáticos más recientes han corroborado que la pluviometría es una variable ambiental importante relacionada con el aumento en el número de casos clínicos reportados (Zender y Talamantes, 2006). Aparentemente, los brotes epidémicos de la enfermedad aparecen uno o dos años después de anomalías meteorológicas, relacionadas con aumento en la precipitación pluvial, después de un periodo de sequía (Comrie, 2005).

La evidencia disponible propone dos patrones bioclimáticos diferentes: mientras que en Arizona existe una estrecha correlación entre el número de casos clínicos y eventos meteorológicos, en California esta asociación no es constante y sugiere que la alta prevalencia de la enfermedad está relacionada a otros factores, probablemente de origen antropogénico (Zender y Talamantes, 2006).

Si bien la humedad es un factor muy importante, su influencia en la configuración de las áreas es muy compleja, ya que los contrastes de pluviosidad

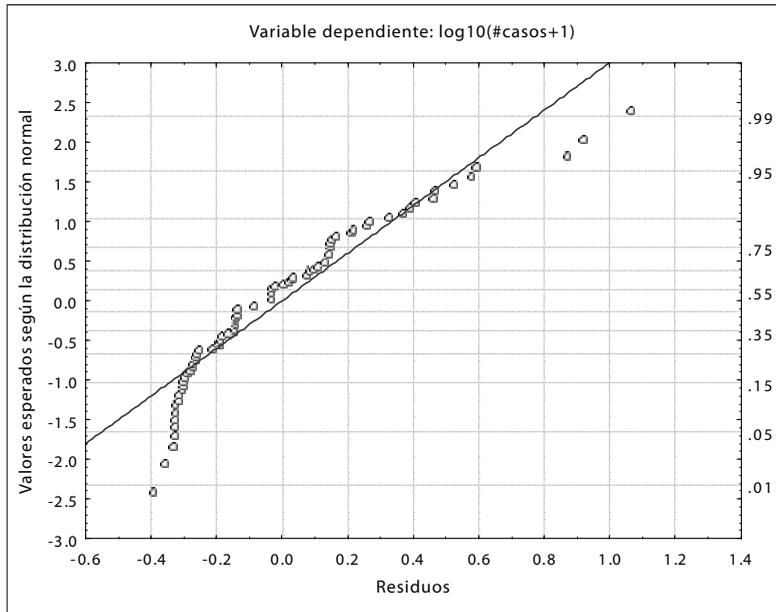


Figura 5. Análisis de residuos con la prob Normal con la variable dependiente $\log_{10}(\text{casos}+1)$.

pueden ser modificados por factores edáficos y topográficos creando micronichos favorables para el desarrollo del hongo (Ferrerías, 1999).

Las condiciones prevalecientes en las regiones más áridas de Norteamérica se encuentran en el

desierto de Mojave, a lo largo del delta del río Colorado y la parte septentrional del golfo de California (Jaeger, 1965, 1957) y aparentemente son desfavorables para la proliferación del hongo debido a la escasa humedad durante la mayor parte del año (Zender y Talamantes, 2006).

Tabla 2. Regresión polinomial de Poisson para modelación bioclimática de Coccidioidomycosis en Baja California, México

Variable	Polinomio	Grados de libertad	Wald stat	P
Pp	Intercepción	1	46.44763	0.000000
	pp	1	10.01673	0.001551
	pp2	1	6.70153	0.009633
	pp3	1	4.59753	0.032018
Tmax	Intercepción	1	6.185407	0.012881
	Tmax	1	6.013554	0.014196
	Tmax2	1	5.474681	0.019294
Tmin	Intercepción	1	4.540980	0.033093
	Tmin	1	6.327396	0.011889
	Tmin2	1	5.725205	0.016723

El análisis espacial con índices de sequía, para estimar la humedad en el suelo durante series de tiempo de más de 30 años, muestra que durante fenómenos meteorológicos se retiene abundante agua en el sustrato, inclusive en esas regiones extremadamente áridas, lo cual sólo puede ser estimado a través del cálculo de diferentes índices de aridez. Crespo (2003) analizó la distribución espacial mensual de los índices de sequía de Palmer en la península de Baja California, y de acuerdo con sus resultados se puede señalar que a pesar de la escasa precipitación pluvial en la mayor parte de la región en estudio, la estimación de la humedad retenida en el suelo es considerable, aun en zonas extremadamente áridas como Laguna Salada y San Felipe en la costa del Golfo de California. Estas circunstancias probablemente están relacionadas a eventos meteorológicos tropicales en el Pacífico, que ocasionan aumento en las lluvias después de largos periodos de sequías, y en pocas horas, exceden la pluviometría anual promedio (Farfán, 2001).

Es conveniente considerar además de las estimaciones ya comentadas, otras variables ambientales probables, condicionadas por diversos microambientes relacionados directamente con la cobertura vegetal y con la fauna desértica, donde las condiciones son favorables para el desarrollo de hongos (Baptista, 2006; Baptista y Riquelme, 2007).

La evidencia disponible hasta el momento sostiene que las madrigueras de heterómidos en ecosistemas desérticos proporcionan las condiciones ideales para el mantenimiento de diversas especies micóticas (Reichman *et al.*, 1985; Hawkins, 1996), debido principalmente a la humedad relativa que condiciona un microclima dentro de la madriguera (Louw y Seely, 1982). El estudio científico de la biodiversidad fúngica en estos microambientes es escasa y en muchos aspectos está prácticamente inexplorada.

BIOClimatología de Baja California

Los patrones bioclimáticos que se presentan en Baja California son muy similares a los descritos en las principales áreas endémicas para *Coccidioidomycosis* en Estados Unidos (Kolivras *et al.*, 2001; Kolivras y Comrie, 2003; Park *et al.*, 2005; Zender y Talamantes, 2006). Aunque la mayor parte de estudios bioclimáticos sobre la enfermedad hacen referencia a que en California la precipitación pluvial es monoestacional mientras que en el sur de Arizona es bimodal con un pico en verano y otro en primavera (Iglesia de Elías y Negroni, 1995; Comrie, 2005), nuestro análisis hace evidente regímenes regionales con patrones de precipitación pluvial bimodales con actividades fenológicas características de esta región (Reyes Coca *et al.*, 1990; Miranda *et al.*, 1992).

Con base en la estimación de índices de tropicalidad, mediterraneidad, aridez, evotranspiración y eficacia de lluvia, calculados fundamentalmente con la cantidad de lluvia precipitada y a la oscilación de la temperatura durante las distintas épocas del año, Miranda Reyes (1987) caracterizó zonas extremadamente áridas en el Valle de Mexicali, el delta del río Colorado y Bahía de los Ángeles, con

lluvias estacionales ocasionales (Miranda *et al.*, 1992). Estas regiones son ampliamente conocidas por proporcionar nichos ecológicos para diversas especies vegetales y animales endémicos con áreas de distribución aparentemente bien definidas (Welsh, 1994) y que forman parte de dos de las áreas naturales protegidas más extensas e importantes de México: el delta del río Colorado y el valle de los Cirios (CONANP, 1995, 2002).

Sin embargo, como se ha comentado antes, diversos fenómenos atmosféricos producen anomalías que ocasionan cambios en el patrón habitual de lluvias en la región más meridional de la península (Farfán, 2001). Mientras que en la vertiente del Pacífico, la región mediterránea presenta un patrón típico de lluvias en invierno (Salinas, 2003), la región meridional de la península tiene un patrón de precipitación menor a 200 mm anuales principalmente durante el verano.

De esta manera, se puede afirmar que gran parte de la península es una gran zona de transición bioclimática con patrones pluviométricos bimodales durante verano y más importante en invierno, con precipitaciones totales acumuladas anuales no mayores a 160 mm, lo cual le confiere a Baja California las condiciones bioclimáticas para la presencia de *Coccidioides*, y su importancia como zona de alta posibilidad de incidencia para la enfermedad.

CONSIDERACIONES FINALES

Después del análisis bioclimático en el área en estudio se encontró que a nivel regional hay una gran variabilidad en la pluviometría relacionada claramente con la topografía de la península de Baja California, la cual es más elevada en la Sierra de San Pedro Mártir y Sierra Juárez, moderada en la costa del Pacífico y muy baja en la costa del Golfo de California. Como consecuencia de este fenómeno, existe en la región una gran heterogeneidad de microclimas.

La tasa de incidencia de la enfermedad en Baja California sigue un patrón con significancia estadística relacionado con el clima transicional entre las zonas desérticas con escasas lluvias en verano a regiones más húmedas con lluvias característica-

mente en invierno y que en general son muy escasas, con rangos de pluviometría anual acumulada entre 120 y 230 mm.

Los meses con mayor número de casos reportados fueron los meses más secos del año precedidos de lluvias temporales. A diferencia de los estudios previos, se encontró correlación entre las temperaturas medias mínima y máxima, así como en la pluviometría acumulada. Con base en esto, se considera que la región más meridional del estado de Baja California, reúne las condiciones bioclimáticas más favorables para el desarrollo de la enfermedad debido a que tiene mayor humedad comparado con las zonas extremadamente secas de la costa del golfo.

Lo anterior implica que la vigilancia epidemiológica y el estudio de los casos clínicos sospechosos, es de vital importancia, así como el fortalecimiento de la infraestructura del Sistema Nacional de Salud para el diagnóstico de esta micosis, considerada como la enfermedad endémica más relevante de las zonas desérticas de Norteamérica.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al profesor Kennett Paul Kleinman ScD (Department of Ambulatory Care and Prevention, Harvard Medical School) sus comentarios y recomendaciones en el análisis estadístico; a Sonia Hernández Díaz (Department of Epidemiology, Harvard School of Public Health) y a Raquel Galindo Dorado (Real Colegio Complutense) por su apoyo. R.C. Baptista fue becado por el David Rockefeller Center for Latin American Studies y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través del Programa Nacional de Posgrado.

REFERENCIAS

Baptista-Rosas, R. C. (2006), *Coccidioidomycosis en México. Bioclimatología y modelación de probable nicho ecológico*, tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, México.

- Baptista-Rosas, R. C., A. Hinojosa y M. Riquelme (2007), "Ecological niche modeling of *Coccidioides* spp. in western North American deserts", *Ann N y Acad. Sci.*, 1111, pp. 35-46.
- Baptista-Rosas, R. C. y M. Riquelme (2007), "Epidemiología de la coccidioidomycosis en México", *Rev. Iberoam. Micol.* 24 (2), pp.100-105.
- Chiller, T. M., J. N. Galgiani and D. A. Stevens (2003), "Coccidioidomycosis", *Infect Clin Dis North Am* 17(1), pp. 41-57.
- Comrie, A. C. (2005), "Climate factors influencing Coccidioidomycosis seasonality and outbreaks", *Environ. Health Perspect.*, no. 113, pp. 688-692.
- CONANP (1995), *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y delta del río Colorado*, Comisión Nacional de Áreas Protegidas.
- CONANP (2002), *Dirección del Valle de los Cirios, Tesoro Natural de Baja California*, Comisión Nacional de Áreas Protegidas.
- Crespo, G. (2003), *Ejemplo de cálculo de Índice de sequía de Palmer para Baja California Norte*, Colegio de Postgraduados, Universidad de Chapingo/Instituto de Recursos Naturales [http://www.colpos.mx/IRE-NAT/agm/ejem1/index.htm].
- Deacon, J. W. (1997), *Modern Mycology*, 3rd edition, Blackwell Science.
- Farfán L. M. (2001), "Regional observations during the Landfall of Tropical Cyclone Juliette in Baja California, Mexico", *Monthly Weather Review*, no. 132, pp. 1575-1589.
- Ferreras Chasco, C. (1999), *Biogeografía y edafogeografía*, Editorial Síntesis.
- Hawkins, L. K. (1996), "Burrows of kangaroo rats are hotspots for desert soil fungi", *J. Arid Environment*, no. 32, pp. 239-249.
- Iglesia de Elias Costa, M. R. y R. Negroni (1995), "Obtención de un nuevo antígeno del *Coccidioides immitis* y desarrollo de un modelo experimental de enfermedad en ratas Wistar", *Rev. Argent Micol*, 118(2), pp. 3-29.
- INEGI (1984), *Cartas de efectos climáticos regionales noviembre a abril*, datos registrados 1921-1980, 1:250,000; Mexicali (I11-11), Tijuana (I11-12), Ensenada (H11-2), San Felipe (H11-3) y Lázaro Cárdenas (H11-5-6).
- Jaeger, E. C. (1965), *The California Desert*, 4th edition, Stanford University Press.
- Jaeger, E. C. (1957), *The North American Deserts*, Stanford University Press, pp. 71-76.
- Kolivras, K. N., P. S. Johnson, A. C. Comrie and S. R. Yool (2001), "Environmental variability and coccidioidomycosis (valley fever)", *Aerobiología*, no. 17, pp. 31-42.

- Kolivas, K. N. and A. C. Comrie (2003), "Modeling valley fever (coccidioidomycosis) incidence on the basis of climate conditions", *Int. J. Biometereol.*, no. 47, pp. 87-101.
- Louw, G. N. and M. K. Seely (1982), *Reproduction in desert environments. Physiological principles en Ecology of desert organism*, Longman Group.
- Maddy, K. and J. Coccozza (1964), "The probable geographic distribution of *Coccidioides immitis* in Mexico", *Bol. OSP PAHO*, no. 57, pp. 44-54.
- Magaña, V., C. Conde, O. Sánchez y C. Gay (1999), "Evaluación de escenarios regionales de clima actual y de cambio climático futuro para México", en *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*, SEMARNAP, UNAM, U. S. Country Studies Program, México, pp. 11-17.
- McCarthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken and K. S. White (eds.; 2001), *Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, Cambridge University Press, UK.
- Miranda Reyes, F., S. Reyes Coca, J. G. Espinoza y J. García López (1992), "Climatología de la región noroeste de México (Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa), Parte II.-Temperatura: serie de tiempo del valor mensual y estadísticas del año climatológico, Comunicaciones académicas, Serie oceanografía física, CICESE.
- Miranda Reyes, J. F. (1987), *Caracterización de zonas climáticas sinópticas en la península de Baja California*, tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, UABC, México.
- Park, B. J., K. Sigel, V. Vaz, K. Komatsu, C. McRill, M. Phelan, T. Colman, A. Comrie, D. W. Warnock, J. N. Galgiani and R. A. Hajjeh (2005), "An epidemic of Coccidioidomycosis in Arizona associated with climatic changes, 1998-2001", *J. Infect Dis* 191, p. 1981-1987.
- Palmer, W. C. (1965), *Metereological drought*, US Weather Bureau, Research paper No. 45.
- Reichman, O. J., D. T. Wicklow and C. Rebar (1985), "Ecological and micological characteristics of caches in the mounds of *Dipodomys spectabilis*", *J. Mamm.*, 66, pp. 643-651.
- Reyes Coca, S., F. Miranda Reyes y J. García López (1990), "Climatología de la región noroeste de México (Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa)", Parte I.-Precipitación: series de tiempo del valor total mensual y estadísticas del año climatológico, Comunicaciones académicas, Serie Oceanografía Física, CICESE.
- Salinas Zavala, C. A. (2003), *Respuesta biótica terrestre a la variabilidad climática en el noroeste de México*, tesis de Doctorado en Ciencias, Oceanología Biológica, CICESE, México.
- Secretaría de Salud (2006), Dirección General de Epidemiología, Anuarios de morbilidad [http://www.dgepi.salud.gob.mx/anuario/index.html].
- Watson, R.T., M. C. Zinyowera and R. H. Moss (eds.; 1995), "Climate Change 1995: impacts, adaptations and mitigation of Climate Change", Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge
- Welsh, H. H. (1994), "Bioregions: an ecological and evolutionary perspective and a proposal for California", *Calif. Fish and Game* 80, pp. 97-124.
- Zender, C. S. and J. Talamantes (2006), "Climate control in Valley Fever in Kern County California", *J. Biometeorol.*, no. 50, pp. 174-182.