

Población y Salud en Mesoamérica



PSM

Manifestaciones de salud asociadas a elementos medio
ambientales: el caso de la ocurrencia de coccidioidomicosis
en México 2004-2015

Jose Luis Manzanares



Revista electrónica semestral
Visite [aquí](#) el sitio web de la revista
Centro Centroamericano de Población
Universidad de Costa Rica



ISSN-1659-0201
<http://ccp.ucr.ac.cr/revista/>



Manifestaciones de salud asociadas a elementos medio ambientales: el caso de la ocurrencia de coccidioidomicosis en México 2004-2015

Manifestations of health associated with environmental elements: the case of the occurrence of coccidioidomycosis in Mexico 2004-2015

Jose Luis Manzanares ¹

- **RESUMEN: Objetivo:** Analizar la dinámica temporal de la coccidioido micosis en México, durante el periodo comprendido entre 2004-2015, en el contexto de sus determinantes socio ambientales e identificar su distribución actual en el territorio nacional mediante la construcción de indicadores de concentración geográfica. **Métodos:** Se conduce análisis exploratorio de datos a partir de microdatos sobre egresos hospitalarios en el periodo 2004-2015. En términos teóricos, la presente investigación se ubica en el paradigma sobre determinantes sociales y ambientales de las condiciones de salud pública. **Resultados:** La evolución temporal durante 11 años de información analizada permite identificar un patrón persistente en la concentración de casos, que afecta principalmente a cuatro estados en el país, con una clara carga para la población masculina. Se identifica al estado de Sonora como la entidad de mayor incidencia en México, una entidad cuyos determinantes ambientales analizados sugieren la necesidad de implementar políticas públicas preventivas. **Conclusiones:** Dada la evolución temporal de egresos hospitalarios por coccidioidomicosis en México y el vínculo ambiental de la enfermedad, la evidencia obtenida representa un área de oportunidad para intervenir mediante estrategias de control focalizadas en territorios específicos, siendo el estado de Sonora un sitio prioritario de atención.
- **Palabras Clave:** Coccidioidina; micosis; coccidioidinamicosis; riesgos de salud; morbilidad; México.
- **ABSTRACT: Objective:** To analyze the temporal dynamics of coccidioidomycosis in Mexico, during the period between 2004-2015 in the context of its socio-environmental determinants and to identify its actual distribution in the national territory by means of the construction of geographical concentration indicators. **Methods:** An exploratory analysis of data was made from micro data on hospital discharges in the period 2004-2015. In theoretical terms, this research is located in the paradigm on social and environmental determinants of public health conditions. **Results:** The time evolution during 11 years of analyzed information allows to identify a persistent pattern in the concentration of cases, which mainly affects four states in the country, with a clear burden for the male population. The state of Sonora was identified as the entity with the highest incidence in Mexico, an entity that determines the environmental factors analyzed and the need to implement preventive public policies. **Conclusions:** Given the temporal evolution of hospital discharges due to coccidioidomycosis in Mexico and the environmental link of the disease, the evidence obtained represents an opportunity to intervene through control strategies focused on specific territories, with the State of Sonora being a priority site of attention.
- **Keywords:** Coccidioidin; mycosis; coccidioidomycosis; Health risk; morbidity; México

Recibido: 18 ago, 2017 | Corregido: 12 oct, 2017 | Aprobado: 05 nov, 2017

¹ El Colegio de la Frontera Norte. MEXICO. jlmazanares@colef.mx



1. Introducción

Los factores ambientales constituyen una área de estudio de creciente interés en la búsqueda por comprender las causas en el desarrollo de padecimientos de salud, incluidos aquellos de carácter infeccioso (Manzanares, 2017a; Watts *et al.*, 2016); a pesar de que diversas iniciativas de investigación se han referido a este vínculo como “*the greatest global health opportunity of the 21st century*” (Wang y Horton, 2015), en países de América Latina, como México, se cuenta aún con escasos esfuerzos para atender este reto (Olivares, Calderón, Mora y Martínez, 2004).

La importancia de estudiar este vínculo a escala local reside, entre otros elementos, en su capacidad para comprender los mecanismos de contagio específicos, lo que posibilita atender etapas en el contexto de salud pública como el diagnóstico temprano, evaluación del tratamiento y control efectivo. Al respecto, académicos y académicas en México reconocen que no existen estadísticas confiables de coccidioidomicosis (Moroyoqui y Figueroa, 2008). La realización de este trabajo busca aportar información actual que contribuya al monitoreo de la incidencia de coccidioidomicosis en México y en la aplicación de estrategias preventivas focalizadas en el contexto de sus determinantes socio ambientales.

A pesar de que recientemente determinantes climáticos de salud han recibido atención especial entre la comunidad académica ante las eminentes variaciones del patrón climático global (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2016), los antecedentes en el estudio de los padecimientos infecciosos de origen micótico dan cuenta de la importancia de la incorporación de la perspectiva ambiental (Negróni, 2011) y constituyen un grupo de especial interés; en particular se reconoce que comprender aspectos como su diseminación en términos espaciales es importante para el diseño de estrategias preventivas (Coutinho *et al.*, 2015).

En este contexto, un elemento que representa un área con potencial explicativo escasamente abordado se encuentra en el estudio del vínculo de las condiciones edafológicas y la distribución de ciertas afecciones de salud que por su complejidad requieren de esfuerzos multidisciplinarios que permitan aportar al entendimiento de su diseminación.

El suelo es el resultado de la interacción de diversos factores ambientales, fundamentalmente: clima, material geológico, vegetación, relieve; además, aunado a estos elementos, también aparecen los procesos bioquímicos asociados a la actividad antropogénica que ejercen influencia sobre sus características y calidad² (Rastegari-Mehr *et al.*, 2017). Dichos procesos se traducen en mecanismos de exposición y factores de riesgo para la salud diferenciados.

² El caso de la minería es un ejemplo clásico en el que intervienen los elementos anteriores y en el que se tiene evidencia sobre las posibles interrelaciones hacia los determinantes ambientales de salud.



Según se ha documentado en estudios previos (como Wheeler, Lucas y Mohle-Boetani, 2015; entre otros), la coccidioidomicosis³ es una enfermedad con presencia en algunas regiones del continente americano; en particular, se sabe que en Norte América el hongo es endémico de la región fronteriza entre México y Estados Unidos. Así mismo, estudios previos establecen que en la zonas endémicas hasta un 25% de los casos registrados de complicaciones respiratorias se asocian con este padecimiento (Stockamp y Thompson, 2016), aunque se ha documentado que solo una fracción marginal de los sujetos infectados puede desarrollar complicaciones.

El padecimiento es ocasionado por los hongos *Coccidioides immitis* y *Coccidioides posadasii*, considerados por el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC por sus siglas en inglés) como patógenos de bioseguridad⁴ nivel 3 (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2009). Ambos son residentes habituales del suelo en condiciones climáticas propicias.

A pesar de su marginal incidencia, este padecimiento es de consideración dada la severidad de sus manifestaciones y el hecho de que el tratamiento para algunas variantes, como la coccidioidomicosis diseminada, requiere un seguimiento de largo plazo con antimicóticos de amplio espectro (Cortez, Walsh y Bennett, 2003; Smith y Kauffman, 2012). De este modo, es una afección que puede afectar severamente la calidad de vida de la persona (Calderón-Garcidueñas, Piña-Osuna, Leal-Moreno, López-Cárdenas y Cerda-Flores, 2004).

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es analizar la dinámica temporal de la coccidioido micosis en México, durante el periodo comprendido entre 2004-2015 e identificar la distribución actual en el territorio nacional mediante la construcción de indicadores de concentración geográfica. Este periodo se considera, ya que permite observar la evolución temporal reciente del padecimiento y, a la vez, se busca utilizar la totalidad de la información disponible públicamente sobre egresos hospitalarios en México.

Así mismo, se estiman las tasas de morbilidad ajustadas por estructura de edad y sexo, indicadores clásicos en el contexto de salud utilizados para medir la incidencia actual. De forma explícita, se analiza la distribución del padecimiento en relación con determinantes ambientales.

Para lograr el objetivo se consideran como fuente primaria microdatos en formato de corte transversal y series de tiempo en el periodo 2004-2015, fuente que representa los registros oficiales más recientes disponibles en materia de morbilidad en el país. Con la finalidad de contar con un parámetro de comparación en el contexto internacional, la información analizada se basa en la clasificación internacional de enfermedades (CIE-10).

³ Acorde con el estudio referido, su notable presencia en algunas regiones de California ha sido acompañada con la denominación de la enfermedad como fiebre del Valle de San Joaquín.

⁴ La clasificación 3 en la escala incluye patógenos que pueden causar un daño serio y potencialmente mortal como resultado de la inhalación o exposición. La escala considera el nivel 1 para patógenos con el menor riesgo y el 4 para aquellos patógenos del mayor riesgo.



2. Consideraciones teóricas y estudios previos

En términos teóricos la presente investigación se ubica en el paradigma sobre determinantes sociales y ambientales de las condiciones de salud pública. Acorde con la Organización Mundial de la Salud (OMS), esta concepción teórica considera aquellos aspectos de la salud humana, incluyendo calidad de vida, que son determinados por factores químicos, físicos, biológicos, sociales y sicosociales en el medioambiente (OMS, 2016).

Se adopta este marco conceptual ya que existe un consenso en la literatura en términos clínicos sobre el mecanismo causal de la coccidioidomicosis vinculado a las condiciones ambientales como temperatura y tipo de suelo (Meltzer y Schwartz, 2010). Acorde con estudios de corte epidemiológico el hongo responsable de la infección encuentra el medio propicio para su propagación y supervivencia en ciertas condiciones ambientales y comúnmente se hospeda en la capa superficial del suelo, pues diversos mecanismos facilitan su dispersión a través de las partículas de polvo (Hector y Laniado-Laborin, 2005).

El factor ambiental es determinante para comprender el mecanismo de contagio⁵, ya que se ha comprobado adicionalmente que no es un padecimiento transmisible de una persona infectada a otra⁶ (Crum, Lederman, Stafford, Parrish y Wallace, 2004); más bien, es adquirido primordialmente al respirar la espora de las especies *immitis* y *posadasii* del hongo del género coccidioides⁷ (Fisher, Koenig, White y Taylor, 2002).

En la vertiente ambiental como determinante contextual de la salud, un elemento de interés en el estudio de los mecanismos de contagio de coccidioidomicosis es la presencia de partículas PM2.5 y PM10. Estas actúan como medio de transporte de las esporas que, al ser inhaladas por el individuo, se alojan en el sistema respiratorio iniciando un proceso infeccioso que puede progresar afectando otros sistemas, de los cuales el Sistema Nervioso Central (SNC) es un foco de atención por las secuelas e impactos de largo plazo (Negroni, 2008).

Así mismo, la evidencia documentada sobre la ocurrencia del padecimiento indica que el tipo de suelo constituye un rasgo característico que debe considerarse para entender la etiología de este padecimiento, por lo que variables como PM2.5 y PM10

⁵ Si bien, el tipo de suelo es una condición natural no susceptible de ser modificada, el comportamiento individual para protegerse en contra de la exposición al polvo es modificable, por ejemplo, mediante la implementación de programas de pavimentación y adecuación de áreas recreativas apropiadas para la convivencia familiar; o bien, mediante el establecimiento de esquemas de monitoreo en áreas rurales endémicas para detectar casos en su fase no diseminada y lograr un manejo con mayores expectativas de control.

⁶ Salvo casos excepcionales documentados en los que han intervenido procedimientos quirúrgicos que involucraron trasplantes de órganos de pacientes infectados.

⁷ A pesar de que existe evidencia que indica el lugar de origen de ambas especies del hongo (siendo *immitis* endémica del California, mientras la especie *posadassi* cuenta con presencia en otras áreas del continente americano, incluido México), esta diferencia no es relevante en términos de la expresión clínica el padecimiento.



adquieren relevancia principalmente en la medida en la que interactúan con suelos propios del climas desérticos. Más aún, acorde con Canteros *et al.* (2010), con base en estudios realizados en el contexto de otros países de América Latina, se confirma que la supervivencia del agente transmisor se asocia con suelos secos, arenosos o arcillosos, alcalinos y con vegetación xerófila, donde las precipitaciones anuales no sobrepasan los 600 mm y los veranos son extremadamente calurosos (Canteros *et al.*, 2010).

Asociado al tipo de suelo, un determinante ambiental de interés al analizar el comportamiento de la ocurrencia de la coccidiodomycosis es la temperatura. La evidencia reportada por estudios, como el de Hamada y Fujita (2002), indica el potencial que el uso de infraestructura de adaptación a las condiciones climáticas como los sistemas de aire acondicionado representa para la exposición a agentes patógenos. En este sentido, los patrones de comportamiento propios de entornos con temperaturas extremas, donde la adaptación al factor climático implica la utilización de infraestructura climatizada, constituyen un factor ambiental adicional que media la exposición entre el agente patógeno y la población.

Si bien en términos empíricos los esfuerzos de investigación realizados en México desde el siglo pasado (como González-Ochoa, 1966) han logrado establecer regiones endémicas del agente principalmente en la frontera norte del país, la integración de los elementos teóricos propuestos con una perspectiva espacial permitiría identificar diferencias asociadas a determinantes ambientales locales, por ejemplo al abordar importantes cuestionamientos como: ¿qué municipios presentan la mayor concentración?, ¿cuál ha sido el comportamiento temporal en los estados del país de mayor incidencia durante el periodo 2004-2015?, y ¿cuáles son los grupos demográficos particularmente vulnerables? En particular, se contrasta como situación base la aseveración de Baptista, Arellano, Hinojosa y Riquelme (2010) donde se plantea: ¿Qué centros hospitalarios reciben la mayor demanda para la atención de este padecimiento en México? Esta Información permitiría aportar elementos sobre la necesidad de infraestructura y personal médico especializado.

3. Consideraciones metodológicas y datos

El análisis se sustenta en dos vertientes de información. La primera busca aproximar los determinantes ambientales, para lo que se analiza la cobertura vectorial de edafología generada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2004) a escala 1 : 250 000, con énfasis en las áreas de mayor incidencia del padecimiento y una segunda donde se contrasta información climática generada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2001) que se basa en la clasificación de Koppen, la cual permite un estándar de comparación en términos internacionales. Así mismo, se estudian los registros públicos de temperatura generados por la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS, 2009) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para el periodo 1973-2016. Esta base contiene información recabada de la red de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS) localizadas a



lo largo del territorio nacional y cuya función es el monitoreo de variables atmosféricas, entre las cuales se consigna la temperatura ambiente. La finalidad al estudiar la serie de tiempo de temperatura es delimitar áreas con temperaturas cálidas extremas y contrastar la incidencia del padecimiento en tales espacios geográficos.

La segunda vertiente del análisis se centra en el estudio de indicadores de salud, para lo que se considera como fuente primaria los registros sobre egresos hospitalarios generados por el Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS, 2015), fuente oficial que es referencia estándar para estudios sobre morbilidad en México. Esta es una fuente única en el contexto de Norte América por su disponibilidad pública y por la integración de microdatos a nivel geográfico que permiten realizar análisis de los patrones espaciales a diversas escalas territoriales incluyendo la perspectiva espacial de sector salud, ya que se cuenta con la Clave Única del Establecimiento de Salud (CLUES); dicha clave permite identificar el hospital donde ocurren los padecimientos, además de contar con la información sociodemográfica del paciente recopilada en 45 variables para los 32 estados del país. Si bien se advierte que una limitante de esta fuente de datos consiste en posibles omisiones de carácter administrativo en la captura, este aspecto no presenta un sesgo para un sitio en particular, ya que en todo el territorio mexicano se aplica el mismo protocolo de registro para integrar la base de datos, denominado Subsistema Automatizado de Egresos Hospitalarios (SAEH) a cargo de la secretaría de salud. Así mismo, la base tiene representatividad del sistema público de salud en el país, ya que incluye las instituciones del sector salud y aquellas adscritas a la secretaria de salud y los servicios estatales de salud.

Se considera la serie de tiempo completa disponible públicamente para el periodo 2004-2015. Para contar con una base homogénea de datos, se depuran aquellos registros incompletos y los códigos correspondientes a pacientes no residentes del territorio nacional, ya que se considera la posibilidad de haber adquirido la enfermedad fuera de México.

Con la finalidad de contar con una base de comparación para estudios posteriores en el contexto internacional, se analizan los códigos de la clasificación internacional de enfermedades CIE-2010. La tabla 1 presenta esta información.

Tabla 1

Códigos analizados de la Clasificación internacional de enfermedades

Código	Padecimiento
B380	Coccidioidoide micosis pulmonar aguda
B381	Coccidioidoide micosis pulmonar crónica
B382	Coccidioidoide micosis pulmonar sin otra especificación
B383	Coccidioidoide micosis cutánea
B384	Meningitis debida a coccidioidoide micosis
B387	Coccidioidoide micosis diseminada
B388	Otras formas de coccidioidoide micosis
B389	Coccidioidoide micosis, no especificada.

Fuente: Elaboración propia con base en CIE-10.

Para explorar las tendencias de morbilidad, así como su distribución en el territorio con mayor profundidad, se estima el indicador de concentración relativa denominado: cociente de localización (LQ). Esta medida relativa permite controlar por el tamaño de población en cada entidad federativa para determinar la concentración de casos por coccidioidomicosis entre las diferentes áreas geográficas. Es un indicador que, dado su potencial para detectar patrones espaciales, ha sido aplicado previamente por estudios epidemiológicos de corte empírico tal como se documenta en Jerrett, Eyles, Dufournaud y Birch (2003), así como en estudios recientes que analizan tendencias de mortalidad en países de América Latina (Manzanares, 2017b). El indicador LQ para un momento del tiempo determinado se construye usando la siguiente especificación:

$$LQ_t = \left(\frac{C}{T}\right)_j / \left(\frac{C}{T}\right)_N$$

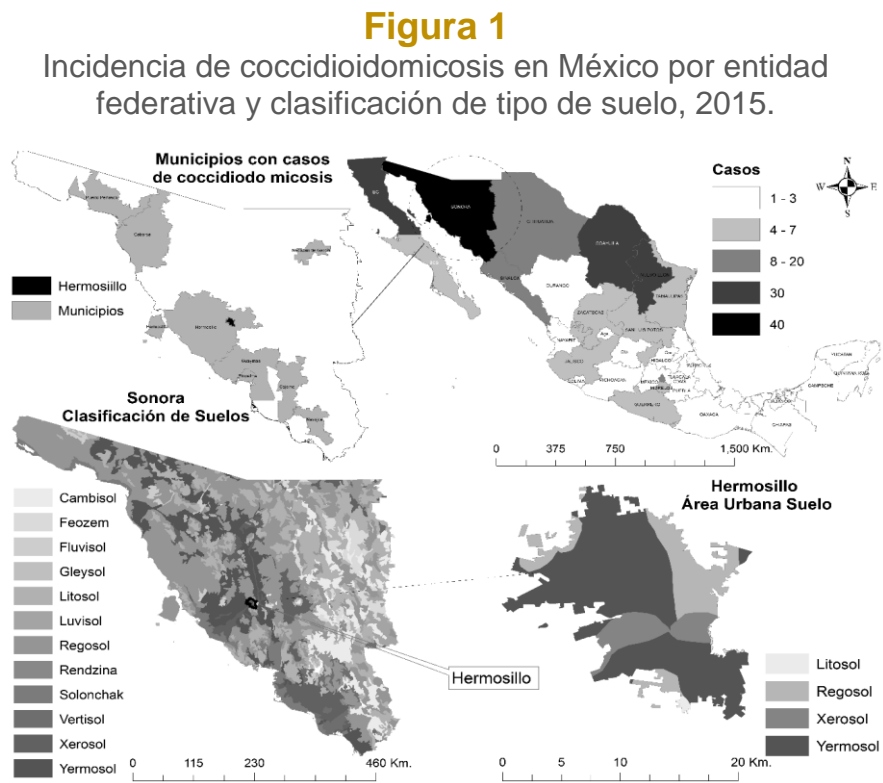
Donde C corresponde al número de registros por egresos hospitalarios para las causas en rango (B38- B389), T corresponde con el número total de registros por egresos hospitalarios en el año t , j representa una entidad federativa particular de la república Mexicana y N indica el escenario nacional para un momento en el tiempo t . En ambas escalas geográficas la proporción entre el número de egresos por coccidioidomicosis y el total de egresos es comparado para el periodo $[t=2004, t=2015]$.

Por definición, el umbral $LQ=1$ indica una situación en la que la proporción de egresos observada, tanto en la entidad como en la escala nacional (ámbito de referencia) es la misma; de este modo, valores $LQ > 1$ indican una proporción superior en la entidad j relativa al nivel nacional y, por ende, un área de interés para los fines de este trabajo. Consecuentemente, valores $LQ < 1$ permiten inferir una proporción menor en el estado j relativa al escenario nacional, es decir, áreas que no representan una incidencia particularmente relevante.

Se estiman dos medidas adicionales: la estructura de edad mediante la construcción de funciones de densidad Kernel, que permiten comparar la distribución por edades e identificar posibles grupos vulnerables, y las tasas de mortalidad ajustadas por estructura de edad, aplicando el método directo para los 32 estados del país registrando como población estándar de referencia el censo general de población y vivienda 2010.

4. Resultados

La primera estimación, reportada en la figura 1, indica la distribución geográfica del número de casos en la República Mexicana; así mismo, se reporta la ocurrencia a escala municipal para la entidad con el mayor número de casos.



Fuente: Elaboración propia con datos de SINAIS 2015. INEGI cobertura vectorial de edafología serie II.



Los resultados de esta primera estimación permiten destacar tres elementos que aportan al entendimiento del comportamiento espacial del padecimiento: las entidades ubicadas en la frontera norte, notablemente resultan el área de atención principal en México. Sonora presenta el mayor número de casos, con un total de 40 durante el 2015.

Al considerar la escala municipal, la atención se dirige a una región en particular en el estado de Sonora, concretamente se identifica que el padecimiento ocurre principalmente en 7 municipios: Puerto Peñasco, Caborca, Nacozari, Hermosillo, Guaymas, Empalme, Cajeme y Navojoa. Sin embargo, una inspección de esas áreas geográficas revela que es el Municipio de Hermosillo donde se localiza el foco de atención principal en esa entidad fronteriza del país con el 60% de los casos registrados⁸.

Al considerar la clasificación del suelo con base en la información del INEGI (2004), se encuentra que 145 km² de la superficie municipal, que incluye al 78.6% del área urbana de la ciudad de Hermosillo, se asienta sobre un tipo de suelo clasificado como yermosol y xerosol. Así mismo, el análisis revela que, a pesar de que el padecimiento ocurrió en territorios correspondientes con 14 tipos de suelo distintos, estos dos tipos de suelo (yermosol y xerosol) representan el 40% de la superficie del territorio mexicano donde se registraron casos por coccidiodomicosis durante el 2015.

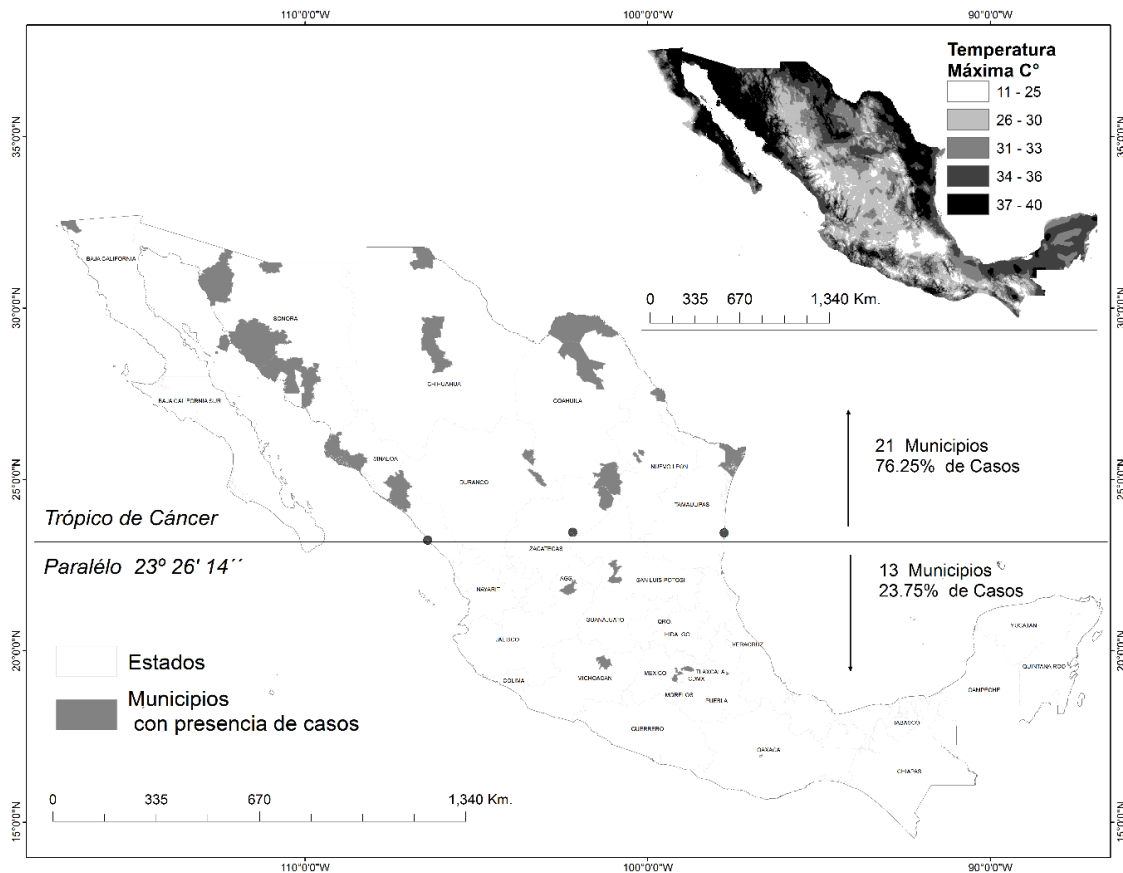
Se encuentra además que Tijuana, Baja California, representa una excepción a este patrón: el tipo de suelo predominante en dicha localidad es vertisol. Tijuana registra el 18.70% de los casos de coccidiodomicosis reportados en el país durante 2015, ubicándose como el municipio de mayor incidencia en el contexto nacional.

La figura 2 muestra la configuración de las temperaturas máximas promedio en el territorio nacional acorde con la información de la UNIATMOS (2009); se identifican los municipios que registraron casos por coccidiodomicosis durante el 2015 así como el tipo de clima predominante.

⁸ Si bien los datos absolutos permiten una primera aproximación al comportamiento espacial del padecimiento, para evitar sesgos asociados al tamaño poblacional de cada municipio es necesario considerar el comportamiento relativo de la ocurrencia, análisis que se realiza en detalle más adelante en esta investigación.

Figura 2

Clasificación climática en municipios con presencia de coccidioidomycosis y temperaturas máximas promedio México, agosto 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CONABIO (2001) y UNIATMOS (2009).

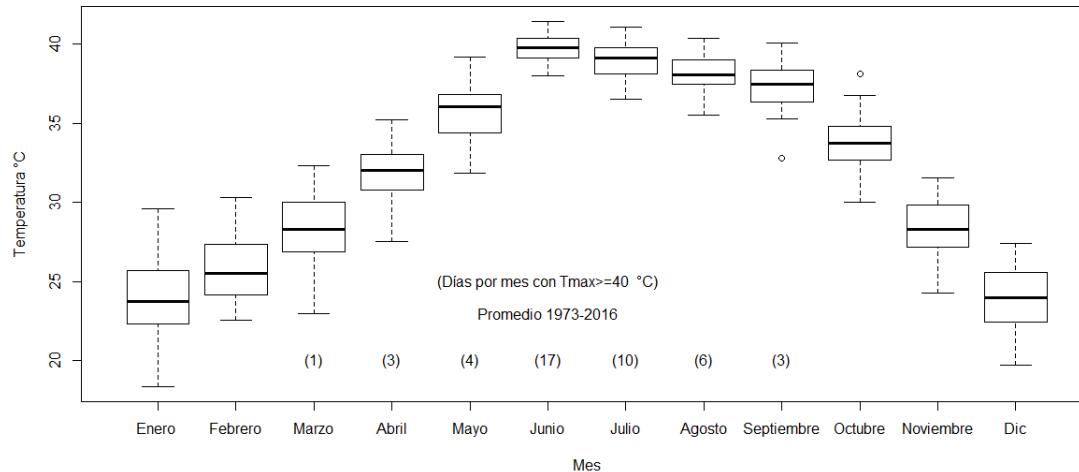
Se identifica que el 87% de los municipios afectados, presentan un patrón climático claramente diferenciado que se ubica en los siguientes rangos de la clasificación climática de Köppen: muy árido (BW[h']w), árido (BSks), semiárido (BS1[h']w); es en esta región climática donde se encuentran los tres Municipios de mayor incidencia en el contexto nacional que son: Tijuana, Baja California; Hermosillo, Sonora; y Monterrey, Nuevo León. En consistencia con los datos de la (CONABIO, 2001), sobre la distribución climática nacional, se observa que el Trópico de Cáncer marca hacia el norte una frontera que divide al territorio y se halla que el 80% de los casos se presentan al norte del paralelo situado en la latitud de 23° 26' 14". Mientras en la región comprendida al sur de esta división, cuyo patrón climático dominante es templado, subhúmedo C(w2) con temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C; se localizan 13 municipios, lo que representa únicamente el 15% de los casos por coccidioidomycosis registrados en 2015.

Esta caracterización permite contar con un determinante climático claramente diferenciado que da soporte a la ocurrencia del padecimiento en áreas poblacionales

concretas como el municipio de Hermosillo, donde las temperaturas superan los 40° C durante los meses de verano, como se muestra en la figura 3.

Figura 3

Caracterización histórica de temperatura en Hermosillo (estación climatológica 26138). México, 1973-2016.



Nota: Estación climatológica 26138. Hermosillo II (DGE) Latitud: 0029.099, Longitud: -110.954, Altitud: 221 msnm.

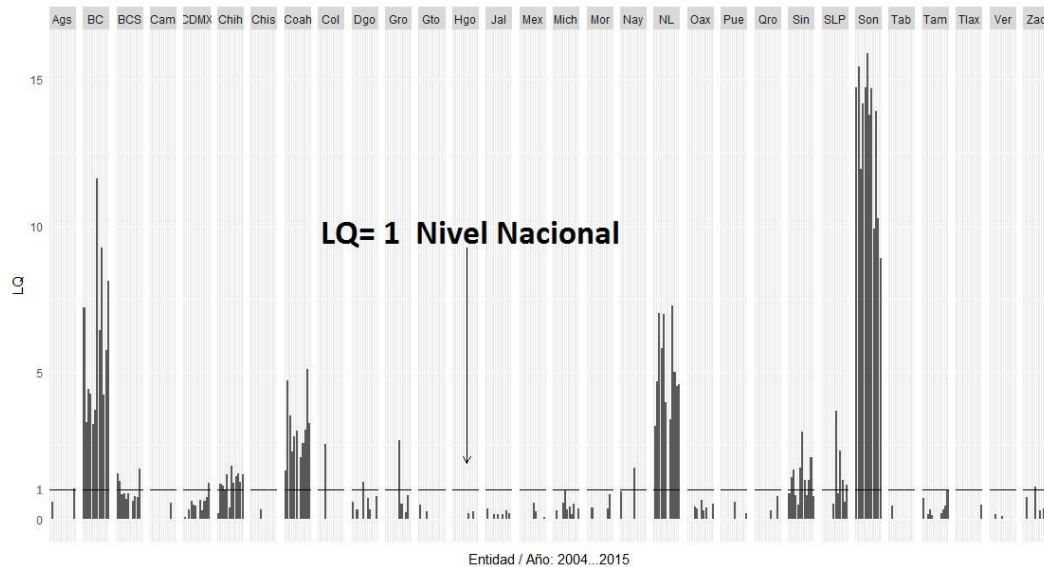
Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio Meteorológico Nacional [SMN], 2017.

Los datos generados por la estación climatológica 26138 Hermosillo II (DGE) indican que históricamente en el mes de junio, durante 17 días en promedio, se tienen temperaturas que superan los 40° C. Bajo estas condiciones la vida humana requiere de la implementación de estrategias de adaptación con el uso de infraestructura especial como sistemas de acondicionamiento de temperatura, lo cual es un factor de riesgo adicional para el contacto con agentes infecciosos de origen micótico.

Si bien los elementos expuestos con base en cifras absolutas hasta el momento permiten un escenario preliminar sobre la distribución espacial de este padecimiento de origen micótico en México, a continuación, se realizan estimaciones que permiten incorporar cifras relativas al controlar por el tamaño poblacional de cada entidad, evitando así el sesgo por el efecto que entidades de mayor magnitud poblacional pudiese tener sobre el número de casos observado. En la figura 4 se muestran los resultados del cálculo del Cociente de Localización (LQ) para las 32 entidades del país para un periodo de 11 años, este indicador permite detectar aquellas entidades con una concentración relativa superior a la observada en el país dada la estructura poblacional de cada entidad.

Figura 4

Coeficiente de localización (LQ) para coccidiodomicosis, según entidad federativa, México 2004-2015.

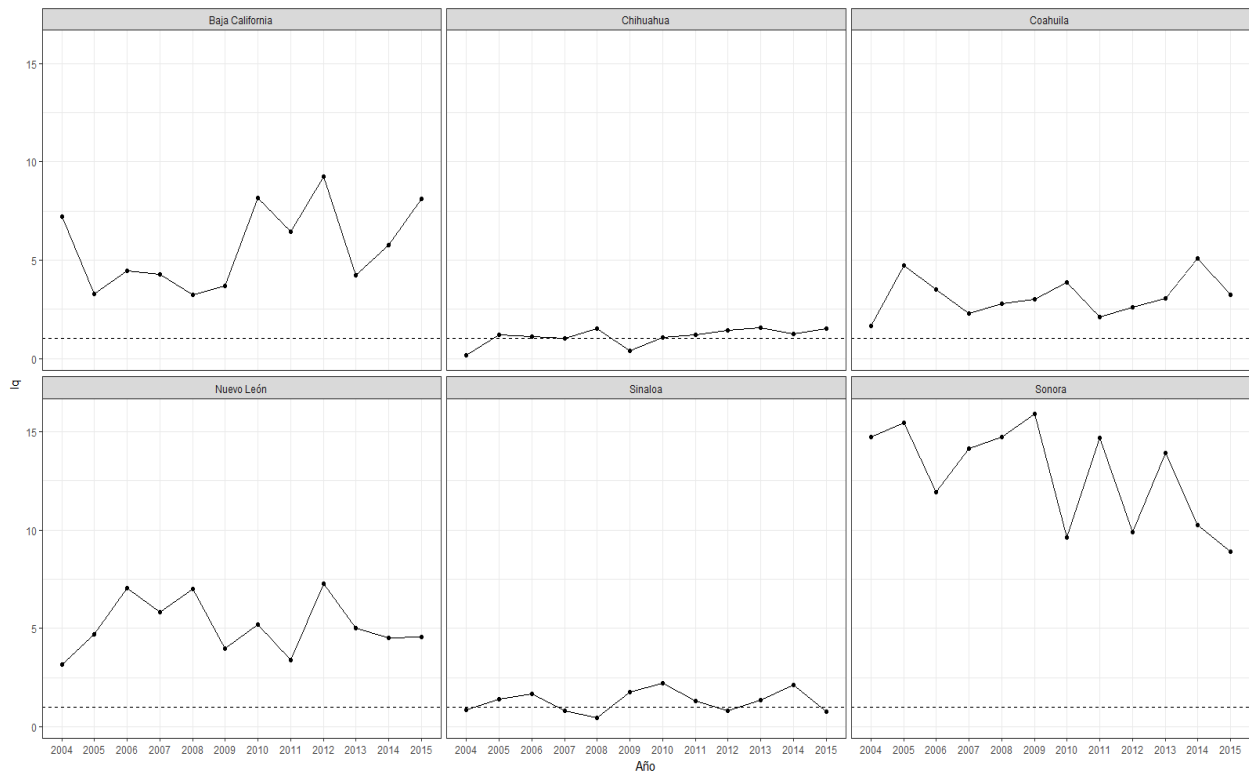


Fuente: Elaboración propia con datos de SINAIS (2015).

Los resultados indican un patrón sistemático en entidades de alta incidencia que permite corroborar el escenario identificado en términos absolutos, así claramente las entidades en la frontera norte son la que registran esta afección de forma desproporcionadamente mayor, con Sonora registrando el mayor nivel de concentración. Este enfoque permite adicionalmente detectar dos entidades que registran este padecimiento con una magnitud relativa superior al nivel nacional: Sinaloa y San Luis Potosí. La figura 5 muestra la evolución temporal del cociente de localización estimado para las entidades de mayor incidencia en contraste con el escenario nacional.

Figura 5

Evaluación temporal del Coeficiente de localización de coccidiodomicosis para entidades de alta incidencia, México 2004-2015.



Fuente: Elaboración propia con datos de SINAIS (2015).

Se encuentra que mientras en entidades como Chihuahua o Sinaloa, la presencia del padecimiento ha sido constante a lo largo de la última década, su incidencia apenas rebasa el escenario nacional. En contraste, los niveles observados en Baja California, Coahuila, Nuevo León y Sonora alcanza magnitudes que superan considerablemente el escenario nacional, siendo el caso de Sonora el de mayor atención con un LQ que representa 15 veces la magnitud de casos por coccidiodomicosis encontrada en México. La tabla 2 consigna el comportamiento de los parámetros estadísticos observados en la estimación del cociente de localización para estas entidades durante el periodo de estudio.

Tabla 2

Estadísticas descriptivas LQ observado. México, 2004-2015.

Estado	LQ Máx	LQ Mín	Media	Std. Dev
Sonora	15.9	8.9	12.8	2.55
Baja California	9.2	3.2	5.7	0.57
Nuevo León	7.3	3.2	5.1	1.39
Coahuila	5.1	1.6	3.2	1.02
Sinaloa	2.2	0.5	1.3	0.43
Chihuahua	1.6	0.2	1.1	2.11

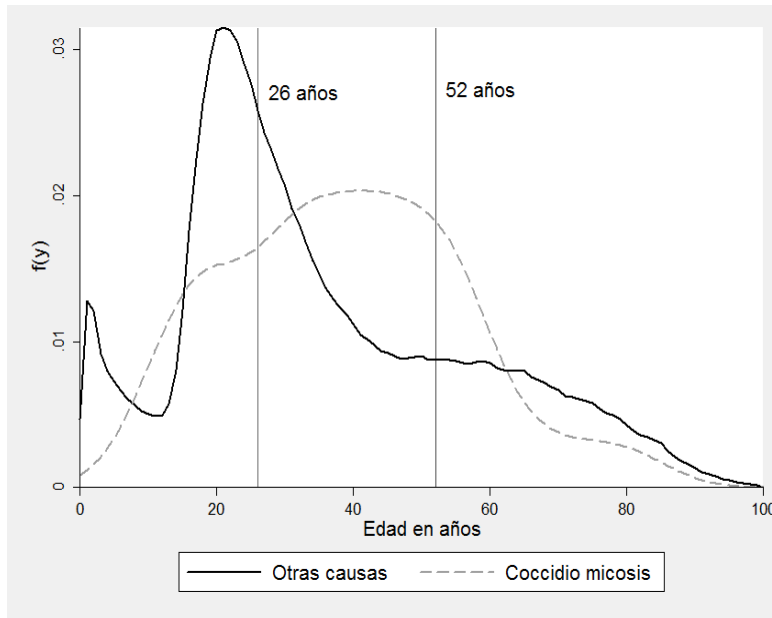
Fuente: Elaboración propia con datos de SINAIS (2015).

Adicionalmente una revisión a escala local revela que son dos centros hospitalarios en los estados de mayor incidencia los que reciben la demanda para atención de este padecimiento: el Hospital General del Estado Dr. Ernesto Ramos Bours en Hermosillo, en Sonora, y el Hospital General Regional No. 20 operado por el Instituto Mexicano del Seguro Social en la ciudad de Tijuana, Baja California.

A continuación, y con la finalidad de determinar posibles grupos etarios vulnerables y aproximar el impacto social, se construyó la curva de densidad para las edades de los casos reportados para 2015. Los resultados se presentan en la figura 6. Se encuentra que el 50% de los casos ocurre en un rango de edad productivo, entre los 26 y 52 años.

Figura 6

Distribución de edades en pacientes con coccidiodomicosis vs otras causas. México, 2015.

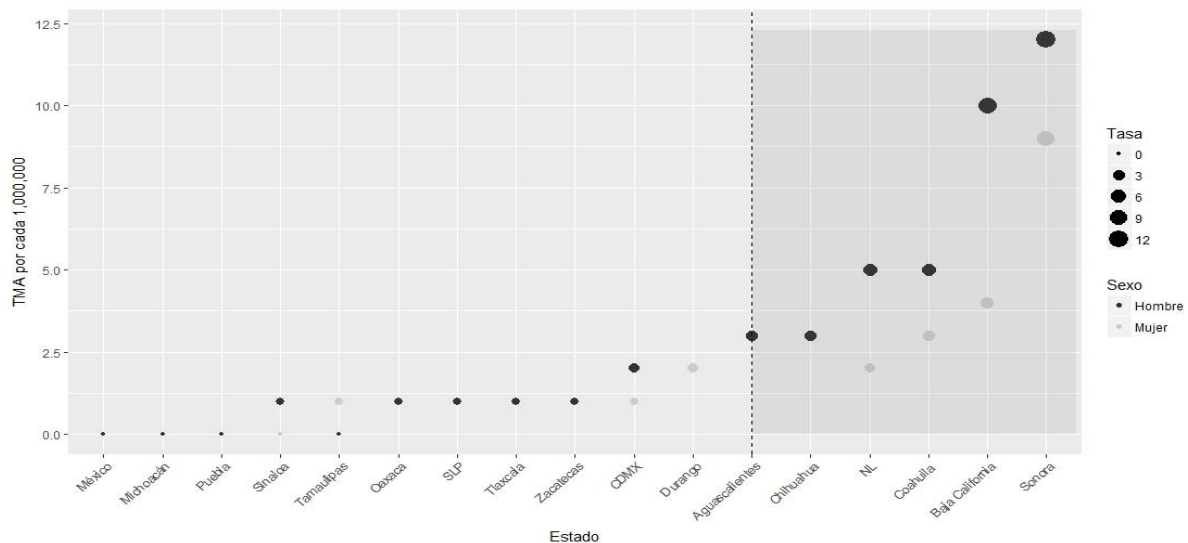


Fuente: Elaboración propia con datos de SINAIS (2015).

En seguida, la figura 7 presenta la estimación de las tasas de morbilidad ajustada por estructura de edad y sexo, lo que permite contar con un parámetro de comparación estándar en materia de salud pública; se consideran las 17 entidades que registraron al menos un caso durante el año más reciente disponible de información.

Figura 7

Tasas de morbilidad ajustadas por estructura de edad y sexo. México, 2015.



Fuente: Elaboración propia con datos de SINAIS (2015).

Los resultados de la estimación son consistentes con el análisis exploratorio realizado a partir de las cifras tanto absolutas como mediante el indicador de concentración relativa LQ; confirman que Sonora, Baja California y Coahuila son las entidades de mayor incidencia en el país. Así mismo, se detecta un patrón sistemático en el que el sexo masculino aparece como el grupo con mayor incidencia.



5. Discusión

Los resultados encontrados respecto a la evolución temporal del padecimiento en los estados de mayor incidencia indican un comportamiento persistente con una clara diferencia en cuanto a la magnitud. En Sonora se observó un nivel de concentración máximo equivalente a 15.9, frente al escenario nacional que tenía un LQ promedio durante el periodo de 12.8; en contraste, Chihuahua aparecía con un LQ promedio de 1.1 observado, siendo la entidad de menor grado de concentración en este grupo de alta incidencia. Este comportamiento, en conjunto con los resultados a escala municipal y el análisis de unidades hospitalarias de mayor demanda, permite contar con un insumo base para la toma de decisiones en materia de política pública y representa una base para el monitoreo de la enfermedad en el largo plazo.

En cuanto a los resultados obtenidos a escala municipal, de acuerdo con la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF, 2011), en sitios como Hermosillo (Sonora), la principal zona de ocurrencia de este padecimiento en México, solo el 72% de la ciudad contaba en 2011 con pavimentación (COCEF, 2011). Este hecho implica un incremento en el potencial de diseminación del hongo causante de la coccidioidomycosis y representa un elemento modificable concreto para reducir la concentración de partículas PM₁₀ en esa ciudad. Esto es consistente con lo que, en términos teóricos, la OMS denomina *behaviour related to environmental factors* (OMS, 2016).

La elevada concentración observada a escala municipal, como es evidente en el caso de Hermosillo, tiene implicaciones asociadas a la capacidad del sistema de salud para atender los casos registrados; en última instancia, representa una carga operativa en centros concretos de atención, dado que la atención del padecimiento requiere de personal especializado. Además, las implicaciones de los resultados en cuanto a la asignación de recursos destinados a la implementación de medidas preventivas focalizadas muestran el potencial para concretar este objetivo en el Hospital General del Estado Dr. Ernesto Ramos Bours en Hermosillo (Sonora) y el Hospital General Regional No. 20, operado por el Instituto Mexicano del Seguro Social (Tijuana, Baja California).

Considerando los resultados obtenidos para el caso emblemático de Hermosillo y, dado que las zonas sin pavimentación se ubican en la periferia, que es en donde se observan mayores niveles de pobreza (Lara-Valencia, Álvarez-Hernández, Harlow, Denman y García-Pérez, 2012), los resultados permiten inferir la existencia de un



grado de vulnerabilidad diferenciado en línea con el desarrollo teórico que la OMS ha documentado en la vertiente sobre de disparidades sociales de salud (OMS, 2017). La evidencia documentada respecto a la localización geográfica de los sitios de ocurrencia complementa el avance de investigación realizado por trabajos pioneros en esta línea (como Baptista *et al.*, 2010) y aquellos abordados desde una perspectiva clínica para el caso de México (como Mondragón-González *et al.*, 2005; Rosas y Riquelme, 2007; entre otros). Asimismo, permite aportar datos a una escala de desagregación con rasgos específicos por tipo de suelo para los municipios de mayor incidencia en el país.

Adicionalmente, los resultados sugieren que no solo el tipo de suelo constituye un determinante en este padecimiento, sino que las condiciones climáticas con temperaturas elevadas extremas son un factor explicativo de forma complementaria: el comportamiento de los individuos, que implica el uso de sistemas de aire acondicionado para lograr la adaptación climática⁹, representa una vía adicional de contacto con las esporas del hongo coccidioides.

Una pregunta relevante, que se deriva del análisis realizado y que se propone en la agenda para avanzar con la comprensión de este padecimiento en México es: ¿existe una diferencia en el estatus socioeconómico de las personas infectadas por coccidioidomicosis? Adicionalmente se encuentra que, en el 70% de las entidades que presentaron casos por coccidioidomicosis, la tasa de morbilidad estimada es superior para el sexo masculino¹⁰. Este patrón diferenciado por sexo abre otro cuestionamiento como posible línea en la agenda de investigación: ¿por qué las tasas son mayores para el sexo masculino? Una posibilidad para atender este cuestionamiento es que al tratarse de un padecimiento que tiene un fuerte componente ambiental, dentro de los factores de riesgo principales, pudieran ser los hombres los que tienen un grado de exposición mayor al patógeno, sobre todo considerando ocupaciones que se realizan al aire libre como aquellas relacionadas a la agricultura. Esta conjetura requiere de un análisis formal y se propone como futuro tema de investigación.

Las preguntas surgen ya que el agente de transmisión es un hongo que se hospeda en el suelo; y el polvo contiene la espora del hongo. Como se ha discutido, una hipótesis de interés indica que las zonas periféricas de las ciudades (que se encuentran sin pavimentación, representan un riesgo potencial mayor) incluidas áreas rurales con actividad agrícola predominante como es el caso del sitio en donde inicialmente se detectó la enfermedad (Valle de San Joaquín en California). Sin embargo, se reconoce que la información disponible analizada no permite inferir de manera precisa el estatus socioeconómico de pacientes, ya que la variable derechohabencia, disponible como parte de la base de datos de egresos hospitalarios generada por el

⁹ En el caso de la principal área de presencia del padecimiento en México que es la ciudad de Hermosillo, se estimó mediante el análisis de los registros de las series temporales de la estación climática 26139 que durante los últimos 41 años, en meses como junio se tienen en promedio 16 días del mes con una temperatura máxima superior a los 40 °C.

¹⁰ La prueba de hipótesis para determinar diferencia estadística entre la tasa promedio por sexo, con H₀= Diferencia entre medias =0, H_a= diferencia entre medias ≠0, indica que la diferencia estimada en las tasas de morbilidad es estadísticamente significativa t=1.25, p-value=0.2189, con un nivel de significancia, α=0.05.



Sistema Nacional de Información en Salud, no es suficiente como proxy del estatus socioeconómico, por lo que esta pregunta rebasa los alcances del presente estudio; no obstante, los patrones detectados por el análisis exploratorio de datos sugieren un posible vínculo con áreas de actividad agrícola.

Los casos detectados en el estado de Sonora en los municipios de Cajeme, donde se localiza el denominado granero de México por su dinámica producción de trigo; Torreón, donde se tiene importante actividad agroindustrial; Culiacán, que es un importante centro regional agrícola especializado en el cultivo de hortalizas que requieren la aplicación de procesos intensivos en mano de obra; Caborca, que se orienta notablemente a la producción de uva y espárragos; e incluso Hermosillo, donde se registra actividad agrícola con la principal zona de producción de naranja de la región en las inmediaciones; y en el municipio de Tijuana de Baja California (que sistemáticamente disputa junto con Hermosillo el primer lugar por la ocurrencia de coccidioidomycosis en México), donde la cercanía con la emblemática región agrícola del valle de San Quintín notable por la recepción de flujos de jornaleros agrícolas atraídos por ciclo productor agrícola de la zona (Barrón, 2013), muestran la necesidad de considerar con mayor profundidad este vínculo. Por esto, la realización de estudios futuros basados en métodos cualitativos se percibe necesaria para atender esta limitación identificada en el presente trabajo.

Así mismo, la distribución por edades observada supone importantes efectos sociales. El resultado sugiere que se trata de un padecimiento que no se manifiesta necesariamente en personas de edad avanzada; esta es una característica que se comparte con otros padecimientos de naturaleza infecciosa en donde no se precisa un periodo de exposición prolongado para su manifestación. Además, no se encontró evidencia sobre la mayor incidencia en población infantil, información que contrasta con los hallazgos reportados por estudios previos como Baptista *et al.* (2010).

Adicionalmente, con referencia a la evidencia encontrada sobre el vínculo ambiental y la presencia del padecimiento en zonas no endémicas, se considera que la movilidad de nuestra sociedad actual es un elemento a considerar en la explicación de la presencia de casos en zonas no endémicas; concretamente, la infraestructura de atención a la salud disponible en el centro del país, que atrae a pacientes residentes de otras entidades, permitiría reforzar esta hipótesis, que no obstante requiere una validación formal.



6. Conclusiones

Este trabajo constituye un esfuerzo para documentar la evolución temporal reciente de coccidioidomicosis en México, lo que ofrece un escenario base para su monitoreo.

La persistencia observada del padecimiento durante la última década indica la necesidad de realizar intervenciones para reducir la incidencia de esta amenaza de salud pública estrechamente ligada con determinantes ambientales. En este sentido el análisis propuesto permite también aportar elementos para el diseño de estrategias preventivas focalizadas desde el ámbito de política pública; dichos elementos son consistentes con regulación en materia de salud ambiental, como la NOM-025-SSA1-1993, que establece el criterio para evaluar la calidad del aire con respecto a las partículas menores de 10 micras (pm_{10}), como medida de protección a la salud de la población.

El análisis presentado permite contar con información a escalas geográficas relevantes para la implementación de acciones dirigidas a mitigar la incidencia de este padecimiento en sitios particularmente vulnerables en el país. Así mismo, los resultados del análisis permiten inferir que las actividades antropogénicas susceptibles de modificarse, particularmente en la áreas de alta incidencia, juegan un papel relevante para reducir la exposición al patógeno causante de esta afección de salud, siendo la falta de pavimentación en el entorno urbano un factor de riesgo de interés, mientras que en el entorno rural la reducción de los factores de contacto se orienta al perfil ocupacional, con las actividades agrícolas como un posible centro de atención.

Finalmente, la investigación abre nuevas interrogantes sobre la incidencia observada en la población masculina y nuevos cuestionamientos para la agenda de investigación en torno a características sociodemográficas de interés como el estatus socioeconómico de las personas afectadas, estas preguntas se proponen para avanzar en el entendimiento de este padecimiento en México.



7. Referencias.

Baptista, R., Arellano, E., Hinojosa, A. y Riquelme, M. (2010). Bioclimatology of Coccidioidomycosis in Baja California, Mexico. *Investigaciones Geográficas*, 37(71), 21-30.

Barrón, A. (2013). Desempleo entre los jornaleros agrícolas, un fenómeno emergente. *Problemas del Desarrollo*, 44(175), 55-79. doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-7036\(13\)71902-3](https://doi.org/10.1016/S0301-7036(13)71902-3)



- Calderón-Garcidueñas, A. L., Piña-Osuna, K., Leal-Moreno, A. M., López-Cárdenas, A. y Cerda-Flores, R. M. (2004). Características clinicopatológicas y distribución del número de autopsias de pacientes fallecidos por coccidioidomicosis en un hospital de referencia del noreste de México. *Gaceta médica de México*, 140(4), 399-404.
- Canteros, C.E., Toranzo, A., Ibarra-Camou, B., David, V., Carrizo, S. G., Santillán-Iturres, A...y Davel, G. (2010). La coccidioidomicosis en Argentina, 1892-2009. *Revista Argentina de Microbiología*, 42(4), 261-268.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2009). *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories* (5ta ed.). Maryland, Estados Unidos: National Institutes of Health. Recuperado de <https://www.cdc.gov/biosafety/publications/bmbl5/bmbl.pdf>
- Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza. (2011). *Proyecto Integral de Pavimentación en Hermosillo, Sonora*. México: Autor. Recuperado de [http://server.cocef.org/CertProj/Spa/BD%202011-11%20Hermosillo%20AQ%20Certification%20Doc%20 Span .pdf](http://server.cocef.org/CertProj/Spa/BD%202011-11%20Hermosillo%20AQ%20Certification%20Doc%20Span.pdf)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2001). 'Climas' [Base de datos]. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/clima1mgw.xml? xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc.html.xsl& indent=no>
- Cortez, K. J., Walsh, T. J. y Bennett, J. E. (2003). Successful treatment of coccidioidomycosis meningitis with voriconazole. *Clinical Infection Disease*, 36(12), 1619-1622. doi: 10.1086/375235
- Coutinho, Z. F., Wanke, B., Travassos, C., Oliveira, R. M., Xavier, D. R. y Coimbra, C. E. A. (2015). Hospital morbidity due to paracoccidioidomycosis in Brazil (1998–2006). *Tropical Medicine & International Health*, 20(5), 673-680. doi: 10.1111/tmi.12472
- Crum, N. F., Lederman, E. R., Stafford, C. M., Parrish, J. S. y Wallace, M. R. (2004). Coccidioidomycosis: a descriptive survey of a reemerging disease. Clinical characteristics and current controversies. *Medicine (Baltimore)*, 83(3), 149-175.
- Fisher, M. C., Koenig, G. L., White, T. J. y Taylor, J. W. (2002). Molecular and phenotypic description of *Coccidioides posadasii* sp. nov., previously recognized as the non-California population of *Coccidioides immitis*. *Mycologia*, 94(1), 73-84.
- González-Ochoa, A. (1966). La coccidioidomicosis en México. *Revista Investigación Salud Pública*, 26(3), 245-262.
- Hamada, N. y Fujita, T. (2002). Effect of air-conditioner on fungal contamination. *Atmospheric Environment*, 36(35), 5443-5448. doi: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(02\)00661-1](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00661-1)

- Hector, R.F. y Laniado-Laborin, R. (2005). Coccidioidomycosis—A Fungal Disease of the Americas. *PLOS Medicine*, 2(1), e2. doi: 10.1371/journal.pmed.0020002
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2004). *Edafología: Conjunto de datos vectorial Edafológico escala 1: 250 000 Serie II* [Base de datos]. Recuperado de: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reccnat/edafologia/vectorial_serieii.aspx
- Jerrett, M., Eyles, J., Dufournaud, C. y Birch, S. (2003). Environmental Influences on Healthcare Expenditures: An Exploratory Analysis from Ontario, Canada. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57(5), 334-338.
- Lara-Valencia, F., Álvarez-Hernández, G., Harlow, S. D., Denman, C. y García-Pérez, H. (2012). Neighborhood socio-environmental vulnerability and infant mortality in Hermosillo, Sonora. *Salud Pública de México*, 54(4), 367-374.
- Manzanares, J. L. (2017b). Type 2 diabetes mortality at Mexican borders. *Población y Salud en Mesoamérica*, 14(2), 1-20. Doi: <http://dx.doi.org/10.15517/psm.v14i2.27028>
- Manzanares, J.L. (2017a). Distribución espacial de egresos hospitalarios a causa de infección viral por picadura de mosquito en México en la década 2004-2014. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 41(10), e30. Recuperado de <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/34346/v41e302017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Meltzer, E. y Schwartz, E. (2010). Travel-Related Respiratory Infections. En E. Schwartz (Ed.), *Tropical Diseases in Travelers* (pp. 413-426). doi: 10.1002/9781444316841.
- Mondragón-González, R., Méndez-Tovar, L. J., Bernal-Vázquez, E., Hernández-Hernández, F., López-Martínez, R., Manzano-Gayosso, P., ... y Anides-Fonseca, A. E. (2005). Detección de infección por *Coccidioides immitis* en zonas del estado de Coahuila, México. *Revista argentina de microbiología*, 37(3), 135-138
- Moroyoqui, L. A., y Figueroa, S. R. (2008). Coccidioidomycosis. *Medicina Interna de México*, 24(2), 125-41.
- Negrón, R. (2008). Evolución de los conocimientos sobre aspectos clínico-epidemiológicos de la Coccidioidomycosis en las Américas. *Revista argentina de microbiología*, 40(4), 246-256.
- Negrón, R. (2011). Historia del descubrimiento de la coccidioidomycosis. *Revista argentina de dermatología*, 92(3). Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-300X2011000300001&lng=es&tlng=es.
- Olivares, L. R. C., Calderón, A. A., Mora, E. B. y Martínez, E. C. (2004). Coccidioidomycosis y su escaso conocimiento en nuestro país. *Revista Facultad*

de *Medicina*, 47(4), 145-148.

Organización Mundial de la Salud. (2016). *Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks*. Recuperado de http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/

Organización Mundial de la Salud. (2017). *Inheriting a sustainable world? Atlas on children's health and the environment*. Recuperado de <http://www.who.int/ceh/publications/inheriting-a-sustainable-world/en/>

Rastegari-Mehr, M., Keshavarzi, B., Moore, F., Sharifi, R., Lahijanzadeh, A. y Kermani, M. (2017). Distribution, source identification and health risk assessment of soil heavy metals in urban areas of Isfahan province, Iran. *Journal of African Earth Sciences*, 132(8), 16-26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.04.026>

Rosas, R. C. B. y Riquelme, M. (2007). Epidemiología de la coccidioidomicosis en México. *Revista iberoamericana de micología*, 24(2), 100-105.

Servicio Meteorológico Nacional. (2017). Información Climatológica por Estado [Base de datos]. Recuperado de <http://200.4.8.24/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=son>

Sistema Nacional de Información en Salud. (2015). *Salud en números* [Base de datos]. Recuperado de http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/sinais/s_index.html

Smith, J. A. y Kauffman, C. A. (2012). Pulmonary fungal infections. *Respirology*, 17(6), 913-926. doi: 10.1111/j.1440-1843.2012.02150.x

Stockamp, N. W. y Thompson, G. R. (2016). Coccidioidomycosis. *Infectious Disease Clinics of North America*, 30(1), 229-246. doi: <https://doi.org/10.1016/j.idc.2015.10.008>

Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales. (2009). *Climatología Continental- Reanálisis promedio mensual* [Base de datos]. Recuperado de <http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/kml/>

Wang, H. y Horton, R. (2015). Tackling climate change: the greatest opportunity for global health. *The Lancet*, 386(10006), 1798-1799. doi: 10.1016/S0140-6736(15)60931-X

Watts, N., Nick, W., Adger, W.N., Ayeb-Karlsson, S., Bai, Y., Byass, P., ... y Castello, A. (2016). The Lancet Countdown: tracking progress on health and climate change. *The Lancet*, 389(10074), 1151-1164. doi: 10.1016/S0140-6736(16)32124-9



Wheeler, C., Lucas, K. D. y Mohle-Boetani, J. C. (2015). Rates and Risk Factors for Coccidioidomycosis among Prison Inmates, California, USA, 2011. *Emerging Infectious Diseases*, 21(1), 70-75. doi: 10.3201/eid2101.140836



8. Agradecimiento

A la Dra. Graciela Cárdenas del Laboratorio de Infectología en el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía por su valiosa colaboración en la revisión de la versión preliminar de este manuscrito.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo a través del Sistema Nacional de investigadores.

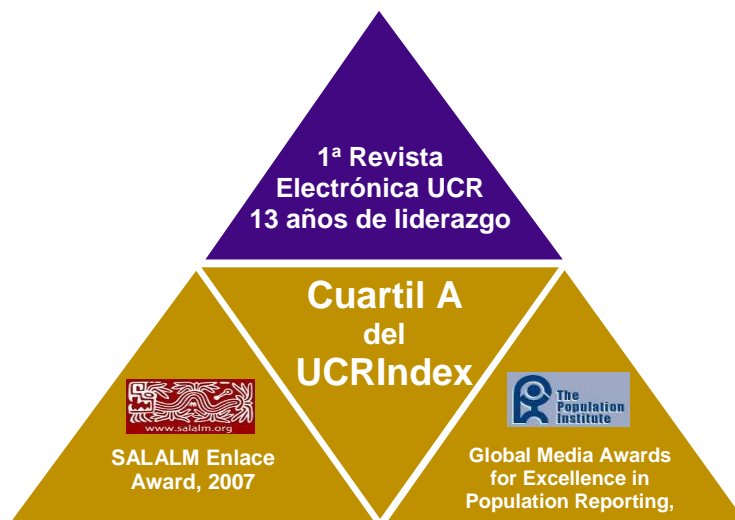


Población y Salud en Mesoamérica

PSM

¿Desea publicar en PSM?
 Ingrese **aquí**

O escribanos:
revista@ccp.ucr.ac.cr



Población y Salud en Mesoamérica (PSM) es la revista electrónica que **cambió el paradigma** en el área de las publicaciones científicas electrónicas de la UCR. Logros tales como haber sido la **primera en obtener sello editorial** como revista electrónica la posicionan como una de las más visionarias.

Revista PSM es la letra delta mayúscula, el cambio y el futuro.

Indexada en los catálogos más prestigiosos.
 Para conocer la lista completa de índices, ingrese **aquí**



Revista Población y Salud en Mesoamérica

Centro Centroamericano de Población
 Universidad de Costa Rica

