

Impacto de la calidad biológica del aire (polen y esporas de hongo) en la salud de la población de Hermosillo

Impact of biological air quality (pollen and fungal spores) on the health of the Hermosillo population

Carmen Isela Ortega Rosas^{1*}, Luis Brito Castillo², Oscar Gerardo Gutiérrez Ruacho³

1 Universidad Estatal de Sonora. Licenciatura en Ecología.

Doctorado, SNI 1, Cuerpo Académico de Recursos Naturales, Licenciatura en Ecología y Maestría en Ciencias Ambientales, Universidad Estatal de Sonora, Hermosillo, Sonora.

2 Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Unidad Guaymas.

3 Universidad Estatal de Sonora. Licenciatura en Ecología

*Autora de correspondencia: Ortega-Rosas, Carmen Isela.  <https://orcid.org/0000-0002-1485-7895>

Correo electrónico: carmen.ortega@ues.mx

Recibido: 16 de noviembre 2022

Aceptado: 13 de octubre 2022

Publicado: Mayo 2023

DOI: 10.5281/zenodo.10198086



Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

RESUMEN

La ciudad de Hermosillo, Sonora presenta un alto índice de enfermedades alérgicas asociados a la mala calidad del aire. En los últimos años la reacción alérgica a agentes biológicos como el polen y esporas de hongos se han incrementado, según lo indican expertos en alergología de la ciudad. Estudios de aerobiología coinciden que la mala calidad del aire relacionado al particulado atmosférico y el efecto del cambio climático como aumento de temperaturas ambientales pueden potencializar el efecto de estos aeroalérgenos en la salud poblacional, debido a que las temperaturas del aire más cálidas pueden adelantar el comienzo del crecimiento de las plantas y el inicio de la floración, lo que lleva a una temporada de polen que comienza más temprano y de mayor duración. Este trabajo cuenta con 5 años de datos de las concentraciones de polen y esporas de hongos en el aire de la ciudad de Hermosillo, Sonora, que fueron monitoreados siguiendo la metodología estandarizada a nivel global según las redes de Aerobiología (ejemplo Red Mexicana de Aerobiología). Asimismo, se cuenta con datos provenientes del Hospital General Zona 2 del IMSS, sobre los resultados de los registros de pacientes atendidos por enfermedades alérgicas y las pruebas específicas de sensibilidad alérgica a diferentes tipos de polen y esporas de hongos. Se realizaron correlaciones estadísticas a fin de establecer el tipo de relación que existe entre las concentraciones de polen y esporas de hongos en el aire con los efectos en la salud de la población. Los resultados muestran que existen dos épocas del año donde existe una muy mala calidad biológica del aire: entre marzo-abril y de agosto a noviembre, coincidiendo con el mayor número de casos de pruebas de sensibilidad alérgica positivo a diferentes tipos de polen y esporas. La población de la ciudad responde de forma inmediata ante un incremento en la concentración de polen y/o esporas de hongos en el aire. Dentro de los tipos de polen más abundantes en el aire con alto nivel de alergenidad se encuentran los Pastos (*Poaceae*) quelites (*Chenopodiaceae-Amaranthaceae*), ambrosias (*Ambrosia*) y algunos árboles como el Mezquite (*Prosopis*) y Palo verde (*Parkinsonia*). Mientras que las esporas de hongos más abundantes en la atmosfera de la ciudad son *Alternaria*, *Cladosporium* y *Basidiospores*. Este trabajo aporta información útil para la población en general, sobre el conocimiento de las épocas del año donde tenemos mala calidad biológica del aire, y a las autoridades de salud para conocer cuáles son los agentes biológicos causantes de la reacción alérgica en la población de Hermosillo.

Palabras clave: aerobiología, contaminación del aire, salud ambiental



ABSTRACT

The city of Hermosillo, Sonora has a high rate of allergic diseases associated with poor air quality. In recent years, according to experts in allergology, the allergic reaction to biological agents such as pollen and fungal spores has increased at this city. Aerobiology studies agree that poor air quality related to atmospheric particulate matter and the effect of climate change, such as increased air temperatures, can potentiate the effect of these aeroallergens on population health. Warmer air temperatures can bring forward the start of plant growth and the onset of flowering, leading to an earlier-starting and longer-lasting pollen season. In this work, we present 5 years of data on the concentrations of pollen and fungal spores in the air of the city of Hermosillo, Sonora, which were monitored following the globally standardized methodology according to the Aerobiology networks (example, Red Mexicana of Aerobiology). Likewise, we compiled data from the General Hospital Zone 2 of the IMSS, about the results of the records of patients treated for allergic diseases and the specific tests of allergic sensitivity to different types of pollen and fungal spores. Statistical correlations were made in order to establish the type of relationship that exists between the concentrations of pollen and fungal spores in the air with the effects on the health of the population. The results show that there are two times a year when there is a very poor biological quality of the air: between March–April and August to November. Coinciding with the largest number of cases of positive allergic sensitivity tests to different types of pollen and spores. The city population responds almost immediately to an increase in the concentration of pollen and/or fungal spores in the air. Among the most abundant types of pollen in the air with a high level of allergenicity are Grasses (*Poaceae*), pitseed goosefoot (*Chenopodiaceae-Amaranthaceae*), ragweed (*Ambrosia*), and some trees such as Mezquite (*Prosopis*) and Palo Verde (*Parkinsonia*). While the most abundant fungal spores in the city atmosphere are *Alternaria*, *Cladosporium*, and *Basidiospores*. This work provides useful information for the general population on the knowledge of the times of the year when we have poor biological quality of the air and for the health authorities to know which are the biological agents that cause the allergic reaction in the population of Hermosillo.

Keywords: *aerobiology, air pollution, environmental health.*



INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad de las ciudades ante cualquier cambio y los retos a los que se enfrenta la sociedad actual, son el resultado de un acelerado crecimiento poblacional y del deterioro del ambiente urbano (OECD, 2020). Los principales problemas ambientales que se enfrentan en las ciudades son la mala calidad del aire, el aumento de temperaturas, la ocurrencia de olas de calor atípicas, la deforestación o introducción de especies exóticas que reducen la diversidad natural de plantas (IPCC, 2021). Todo lo anterior conlleva a una problemática que se agrava año tras año relacionada con la salud ambiental en las ciudades. La mala calidad ambiental puede generar problemas en la salud o agravar enfermedades ya existentes en la población (OMS, 2021). Según estimaciones de 2016, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de defunciones prematuras (OMS 2021). En este sentido, la ciudad de Hermosillo, Sonora es considerada una de las zonas más vulnerables de México por su condición desértica (Gay-García et al., 2015). Además, concentra la mayor parte de la población del estado de Sonora. Las ciudades son espacios vulnerables, pues la mitad de la población vive en las ciudades y se estima que en 2050 incrementará en un 40% más (OECD, 2020). Esta gran concentración de personas y actividades convierte a las zonas urbanas en las áreas donde las transformaciones del medio natural han sido más evidentes, afectando incluso a la salud ambiental y al clima. Todo ello se traduce en un clima urbano con isla de calor, que se agrava con la ocurrencia de olas de calor cada vez más extremas en relación a las áreas no urbanas (OECD, 2020).

La población de la ciudad de Hermosillo está expuesta a un clima extremo con oscilaciones de temperatura de más de 20 grados en verano (Ortega-Rosas et al., 2020), una gran cantidad de particulado atmosférico y gran cantidad de polen en el aire que es altamente alergénico como los pastos (*Poaceae*) y herbáceas (*Ambrosia*, *Chenopodiaceae-Amaranthaceae*, *Asteraceae*). Por lo anterior, el índice de enfermedades respiratorias relacionadas con la mala calidad del aire está en incremento en la ciudad (Ortega-Rosas et al., 2021); incluso se indica que el índice de la población infantil alérgica en Hermosillo está por encima de la media nacional (López-Romero et al., 2017).

En esta investigación se analiza y monitorea la calidad biológica del aire, basada en la concentración de polen y esporas de hongos de interés alergico para la población de Hermosillo. Asimismo, se investiga el impacto de dicha calidad biológica en la salud de la población; específicamente, los casos de pacientes positivos a pruebas de sensibilidad alérgica a polen y esporas en la ciudad de Hermosillo. Esta información es de suma importancia para la población en general, el sector salud y la academia.

La aerobiología se define como "una disciplina que se encarga del estudio de las partículas biológicas suspendidas en la atmósfera, así como de los procesos aerobiológicos de generación, transporte, depositación, resuspensión e impacto de las mismas" (Lacey y West, 2006). Dentro de la aerobiología es de mucho interés el estudio del polen y las esporas de hongos aerovagantes (aeropalínología) por su repercusión en la salud de la población que sufre de alergias.



Dentro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), nuestra investigación contribuye al objetivo 3 Salud y Bienestar donde se debe “garantizar una vida sana y promover el bienestar en todas las edades es esencial para el desarrollo sostenible”.

En este sentido, la población debe tener una calidad de vida y respirar aire limpio en las ciudades. Esta investigación también tiene impacto en el objetivo 11 Ciudades y Comunidades Sostenibles, y el objetivo 13 Acción por el clima. En ambos objetivos la ONU nos indica que “desde 2016, el 90% de los habitantes de las ciudades respiraba aire que no cumplía las normás de seguridad establecidas por la Organización Mundial de la Salud, lo que provocó un total de 4,2 millones de muertes debido a la contaminación atmosférica” (OMS, 2021). Asimismo el cambio climático es una emergencia mundial y está afectado cada vez más el ambiente urbano y por ende la salud ambiental en las poblaciones (IPCC, 2021).

La ciudad de Hermosillo, Sonora ha sido objeto de diversos programas e investigaciones relacionadas a la calidad del aire, vegetación urbana, disponibilidad de agua, islas de calor, entre otros, ya que es reconocida internacionalmente como altamente vulnerable por su condición de aridez y localización geoGráfica (IMPLAN, 2017). Además, en el monitoreo de los ODS que promueve la ONU, en su informe correspondiente a la ciudad de Hermosillo, en el 2016 se obtuvo un Índice de ciudades prosperas (CPI) = 54.24, lo cual ubica a la ciudad en un valor de prosperidad urbana moderadamente débil, según la escala del indicador (INFONAVIT et al., 2016). En un estudio reciente sobre el diagnóstico de salud ambiental del centro de población de Hermosillo (Duarte-Tagles et al., 2020) se analizaron tres indicadores (calidad del aire, calidad de agua y residuos municipales); nos indica que la información en salud ambiental correspondiente al municipio de Hermosillo se encuentra dispersa, es escasa y en ocasiones restringida. Con respecto a la calidad del aire se menciona que hace falta todavía mucho por estudiar y explorar. El diagnóstico concluye que la mala calidad del aire empeora en temporada invernal por las diferencias de condensaciones debido al efecto invernadero, que ocasiona persistencia de sustancias contaminantes en el aire por días, semanas e incluso meses (Duarte-Tagles, 2020). Existen datos de calidad del aire (e.g. Meza-Figueroa et al., 2016; IME, 2017) y calidad biológica del aire (Ortega-Rosas et al., 2019; 2021), que indican claramente que hay periodos en el año donde la mala calidad del aire es un riesgo para la población. Recientemente se observó una carga excesiva de particulado atmosférico fino y ultrafino (menor a 1 micra) adheridos a la pared de los granos de polen que circulan en el aire (Ortega-Rosas et al., 2021), cuyo análisis sobre el efecto en la salud de la población está pendiente. Asimismo, el Programa de Desarrollo Metropolitano de Hermosillo identifica algunos problemás de carácter ambiental que pueden estar afectando la calidad de vida en el municipio, tales como la sequía, la contaminación atmosférica por partículas suspendidas, así como la presencia de tiraderos clandestinos de basura y escombros (IMPLAN, 2017). Este programa, menciona que la contaminación del aire por polvos ha provocado un incremento en enfermedades respiratorias, alergias, infecciones, enfermedades cardiovasculares, etc. Es por esto que las condiciones ambientales en las ciudades y la calidad del aire deben ser monitoreados de forma continua y sobre todo alertar a la población sobre las condiciones del aire que están respirando.

MATERIALES Y MÉTODOS

MONITOREO DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AIRE

Se monitorea de forma constante los 365 del año la diversidad y concentración de polen y esporas de interés alérgico presentes en la atmósfera de la ciudad. La metodología es estandarizada a nivel global y se aplica por todos los grupos de trabajo de los diferentes países componentes en la European Aeroallergen Network (EAN), la Red española de Aerobiología (REA) y por la Red Mexicana de Aerobiología (REMA). Los captadores permiten obtener datos homologables entre sitios de muestreo a nivel mundial, y pueden funcionar de manera continua los 365 días del año por lo que es posible obtener muestras horarias. El equipo de monitoreo de partículas biológicas está instalado en azotea de las instalaciones de la Universidad Estatal de Sonora (Figura 1), Unidad Académica Hermosillo (Zona norte de la ciudad). Dicho equipo consiste en una Trampa de Esporas tipo Hirst (TETH, Burkard Manufacturing, Co, UK), la cual basa su funcionamiento en el principio del impacto (Hirst, 1952), succionando 10 litros de aire/min, similar al volumen de inhalación de aire por el pulmón humano. Todo el material particulado succionado (principalmente polen y esporas), queda adherido a una cinta Melinex que es retirada al final del período de muestreo de 7 días para su análisis en laboratorio, tratando de evitar su contaminación. La identificación de los tipos polínicos se realiza bajo la supervisión del primer autor, quien con su experiencia ha adquirido reconocimiento sustentado en diversas publicaciones (Ortega Rosas et al., 2019; 2021; 2022). Además, el trabajo se complementa consultando material de polen de referencia de la región (laboratorio de Aerobiología UES) y atlas de polen y esporas de hongos existentes en la literatura, y se determinan sus concentraciones (Figura 2). La longitud total de la cinta representa un día completo de muestreo por lo que se obtiene información sobre la concentración polínica del aire a lo largo del día. La concentración polínica está expresada como una media diaria en granos de polen por metro cúbico de aire. Los datos de concentración acumulada anual de polen y esporas de hongos son expresados como un índice integral de polen anual (API_n por sus siglas en inglés) e índice integral de esporas anual (ASIn por sus siglas en inglés) (Sofiev y Bergmann, 2013; Galan et al., 2017).

Monitoreo



Equipo



Figura 1. Localización de la zona de monitoreo y equipo de monitoreo utilizado (Elaboración propia con imágenes de Google maps)

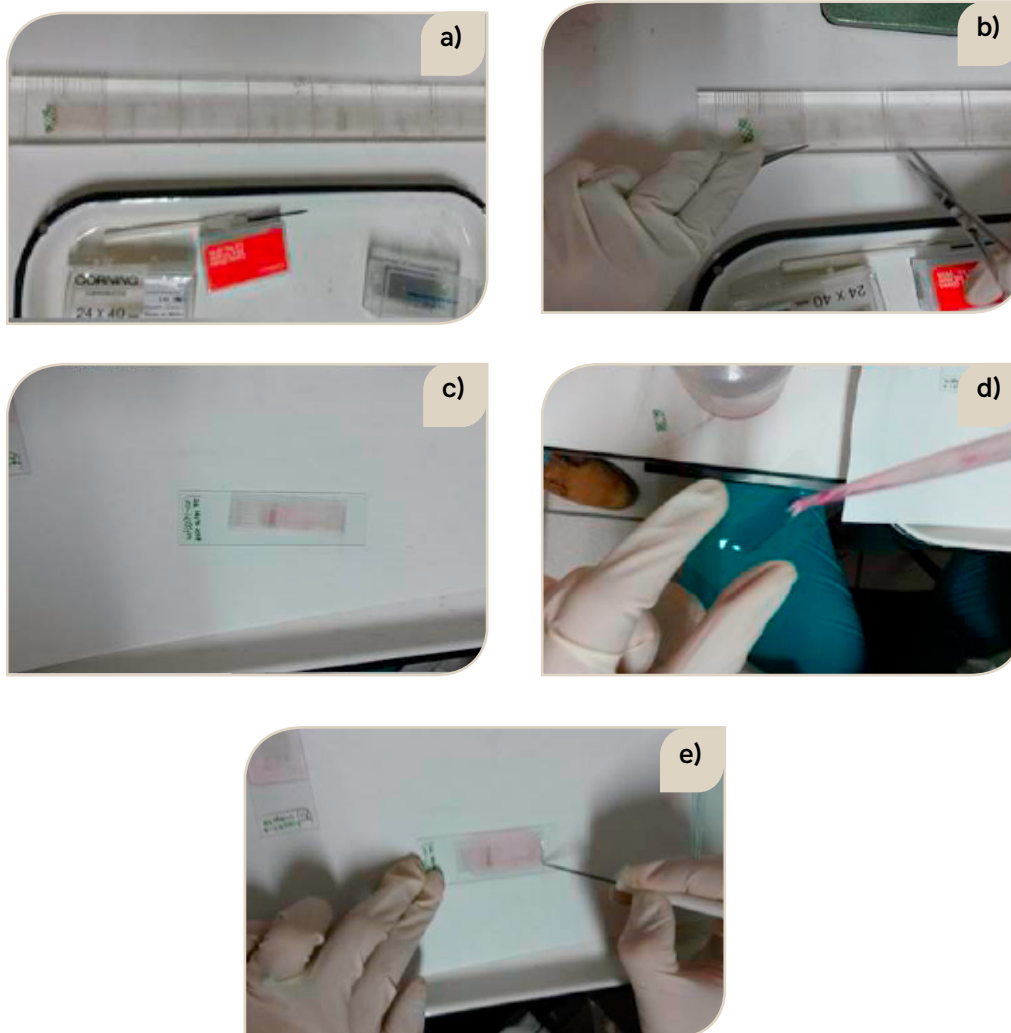


Figura 2. Proceso de preparación y montaje de la muestra para su observación al microscopio: a) cinta melinex montada en la regla de metacrilato; b) separación de la cinta melinex en 7 partes; c) colocación de la cinta en un portaobjetos; d) glicerogelatina agregada a un cubreobjetos; e) portaobjetos con glicerogelatina colocado en el portaobjetos

Se recopilaron los datos correspondientes a los casos particulares de pacientes atendidos en Hermosillo, Sonora, relacionados con alergias al polen y esporas durante los años del 2015 al 2018. Esta información fue proporcionada por el "Hospital General Zona 2 Hermosillo" del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Las observaciones fueron realizadas por un especialista que registra los casos de alergias dentro de la ciudad y realiza varias pruebas de sensibilización a polen y esporas de hongos a la población de Hermosillo en un total de 247 pacientes que fueron estudiados. La sensibilización alérgica al polen y las esporas generalmente se documenta estimulando las concentraciones de inmunoglobulina E (IgE) específica, ya sea con pruebas cutáneas o con la cuantificación de IgE sérica específica. Los datos corresponden a las pruebas diarias realizadas (cuando ocurrían casos de consulta) de pacientes con sensibilización alérgica positiva a cada tipo de polen y esporas de hongos. Es decir, los días que se presentan datos, son en los que los pacientes buscaron una consulta de especialista en el área de Alergología de dicha clínica del IMSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CALIDAD BIOLÓGICA DEL AIRE

Los resultados de los 5 años de monitoreo de la calidad biológica del aire en la ciudad de Hermosillo de forma constante nos indican que existe una variación intra e inter anual en la concentración de polen y esporas de hongos en el aire (Tablas 1 y 2). Siendo los meses de primavera (marzo-abril) y verano-otoño (agosto a octubre) donde se presentan las más altas concentraciones de polen y esporas de hongos respectivamente. En el año 2015 se registró una mayor concentración anual total de polen en el aire (APIn) comparada con los otros años de estudio (Tabla 1), seguido de el año 2017. Esta variación inter anual en las concentraciones de polen en el aire han sido asociadas a las condiciones climáticas de los diferentes años (Ortega-Rosas et al., en revisión). En el caso de esporas de hongos (Tabla 2) se observa igualmente en el año 2015 una carga excesiva de esporas de hongos en el aire comparada con los otros años de estudio, seguido del año 2016. Es importante resaltar el rango de valores en las concentraciones de polen comparada con las esporas de hongos. Estas últimas se presentan en grandes cantidades en el aire como ha sido detectado en otras ciudades del Norte de México (Moreno-Sarmiento et al., 2016; Rocha-Estrada et al., 2013).

Tabla 1. Resultados de las concentraciones mensuales de polen en el aire los diferentes años de monitoreo

Mes/Año	2015	2016	2017	2018	2019
ENERO	284	22	107	167	93
FEBRERO	1065	107	465	155	115
MARZO	6104	379	4357	1352	465
ABRIL	2555	419	935	274	1317
MAYO	794	104	178	123	159
JUNIO	1382	351	143	320	76
JULIO	2895	783	418	302	133
AGOSTO	8029	2498	1127	792	439
SEPTIEMBRE	2969	403	1366	1542	1545
OCTUBRE	5297	1571	325	1153	1444
NOVIEMBRE	1093	273	131	974	479
DICIEMBRE	421	73	94	155	146
APIn	32887	6981	9645	7311	6412

Tabla 2. Resultados de las concentraciones mensuales de esporas de hongos en el aire los diferentes años de monitoreo

Mes/Año	2015	2016	2017	2018	2019
ENERO	9572	1319	5713	996	5171
FEBRERO	4700	495	3222	1626	906
MARZO	4973	747	3298	1905	717
ABRIL	11376	4291	1559	513	396
MAYO	5096	1277	1388	393	515
JUNIO	45473	20557	5522	10129	1173
JULIO	58616	20340	14597	11471	3509
AGOSTO	106506	34755	12075	6871	3664

SEPTIEMBRE	15528	1975	11001	11852	11017
OCTUBRE	23051	7606	3120	9648	6762
NOVIEMBRE	14875	4823	1597	2185	1450
DICIEMBRE	18368	7550	1888	1350	1639
APIn	318,134	105,735	64,981	58,940	36,917

De igual forma detectamos que existe una alta diversidad de tipos de polen y esporas de hongos con potencial alérgico en la población (Tabla 3). Dentro de los principales tipos de polen en el aire se encuentran las herbáceas y los pastos (*Poaceae*), *Ambrosia*, *Chenopodiaceae-Amaranthaceae* (quelites) y *Asteraceae* (Compuestas), mientras que dentro de las especies arbóreas-arbustivas los tipos de polen más importantes son *Nyctaginaceae* (Buganvilleas), *Ulmaceae* (Ulmus), *Urticaceae* (ortiga), *Cupressaceae* (tascate), *Parkinsonia* (palo verde) y *Prosopis* (mezquite). Mientras que en el caso de los hongos las esporas más abundantes fueron *Cladosporium*, *Smuts*, *Alternaria*, *Diatrypaceae* y *Ascospora*.

Tabla 3. Promedio (2015–2019) en los porcentajes de las concentraciones de los diferentes tipos de polen y esporas de hongos en el aire.

POLEN		ESPORAS DE HONGOS	
TAXA	%	TAXA	%
Poaceae	33.14	<i>Cladosporium</i>	39.17
<i>Ambrosia</i>	16.21	<i>Smuts</i>	23.53
Nyctaginaceae	12.54	<i>Alternaria</i>	12.67
Chenopodiaceae- Amaranthaceae	12.33	Diatrypaceae	9.61
Ulmaceae	4.11	Ascospora	9.09
Cupressaceae	3.97	<i>Agaricus</i>	1.63
Urticaceae	3.81	Myxomicetes	1.30
Parkinsonia (Fabaceae)	3.28	Otros	3.00
Prosopis (Fabaceae)	2.26		
Asteraceae	2.15		
Otros	6.2		

EFFECTOS DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AIRE EN LA SALUD RESPIRATORIA HUMANA

Los datos proporcionados por el Hospital Zona 2 del IMSS de Hermosillo, muestran una alta sensibilidad de la población de Hermosillo a los aeroalergénos presentes en la atmósfera (Figura 3). Solamente se exploran los datos de una clínica del IMSS, sin embargo, los resultados son relevantes ya que muestran la reacción directa de la población a la alza de las concentraciones de polen y esporas de hongos en el aire. Se observa una tendencia al incremento desde el año 2015 al 2018, siendo este último año (2018) el que obtuvo un mayor número de pruebas de sensibilidad positiva a los diferentes aeroalergénos. Cabe resaltar que, los datos corresponden a las consultas atendidas en la clínica de personas con síntomas alérgicos que recibieron una consulta y una prueba de sensibilidad. Por lo que la variación inter anual refleja un incremento real de casos y no el hecho de que se realizarán más pruebas.



Figura 3. Resultados del total anual de pruebas de sensibilidad alérgica al polen y esporas de hongos del 2015 al 2018 (Elaboración propia con base a datos proporcionados por el Hospital General Zona 2 del IMSS)

Si analizamos los datos de forma intra-anual observamos los meses en el año en que más casos de pruebas positivas fueron registrados (Figura 4). Podemos observar claramente que existen dos periodos en el año donde se incrementan los casos positivos; el primero ocurre de marzo a mayo y el otro periodo de agosto a diciembre. Coincidiendo ambos periodos con una alta concentración de aeroalérgenos en el aire de la ciudad de Hermosillo. Por lo que podemos afirmar que la población está respondiendo de forma casi simultánea al incremento de polen y esporas de tipo alérgico en el aire.


Podemos analizar también, a qué tipos de polen y esporas de hongos están siendo más reactivos la población de Hermosillo, debido a que los datos proporcionados por el IMSS son pruebas específicas a distintos tipos de polen y esporas (Figura 5). Los datos nos indican que del total de la población muestreada (N= 247), el 21% obtuvo una prueba positiva a polen de pastos (*Poaceae*), el 16% a *Ambrosia* (14%), *Asteraceae*, 12% y *Chenopodiaceae-Amaranthaceae* (12%). En cuanto a las esporas de hongos la población responde de forma positiva con mayor frecuencia a los siguientes tipos de esporas: *Zgomycetes* (47%), *Ascomycetes* (24%), *Smuts* (10%) y *Alternaria* (9%).

CONCLUSIONES

La población de la ciudad de Hermosillo es altamente vulnerable a los efectos de la mala calidad del aire, por lo tanto la salud ambiental no es la adecuada. Se detectaron en este estudio, dos periodos en el año donde encontramos una alza en las concentraciones de polen y esporas de hongos que generan una mala calidad del aire, en primavera de marzo a abril y en verano-otoño de agosto a octubre. En ambos periodos, la población responde casi de forma simultánea al incremento en



Figura 4. Distribución mensual de los totales de pruebas de sensibilidad alérgica al polen y esporas de hongos para el periodo del 2015 al 2018 (Elaboración propia con base a datos proporcionados por el Hospital General Zona 2 del IMSS).

las concentraciones de estos aeroalergénos en el aire, ya que fueron durante esos meses que se registraron el mayor número de casos de pruebas de sensibilidad positiva en la población a los diferentes tipos de polen y esporas de hongos. Dentro de los aeroalergénos se ha detectado que el polen de pasto que es el más abundante en el aire, resulta ser el que más afecta la salud respiratoria de la población que aqueja de alergias, y dentro de este grupo, la especie *Cynodon dactylon* (capriola) es la que más resulta positiva en las pruebas de sensibilidad realizada. Por lo que se debe continuar con el monitoreo constante de la calidad biológica del aire, para seguir informando a la población y al sector salud en general, para que pueda apoyar en los tratamientos médicos o medidas de prevención de enfermedades. Y a futuro ver el efecto del cambio climático en la fenología de las plantas, la calidad del aire y por ende en la salud ambiental de la ciudad. 

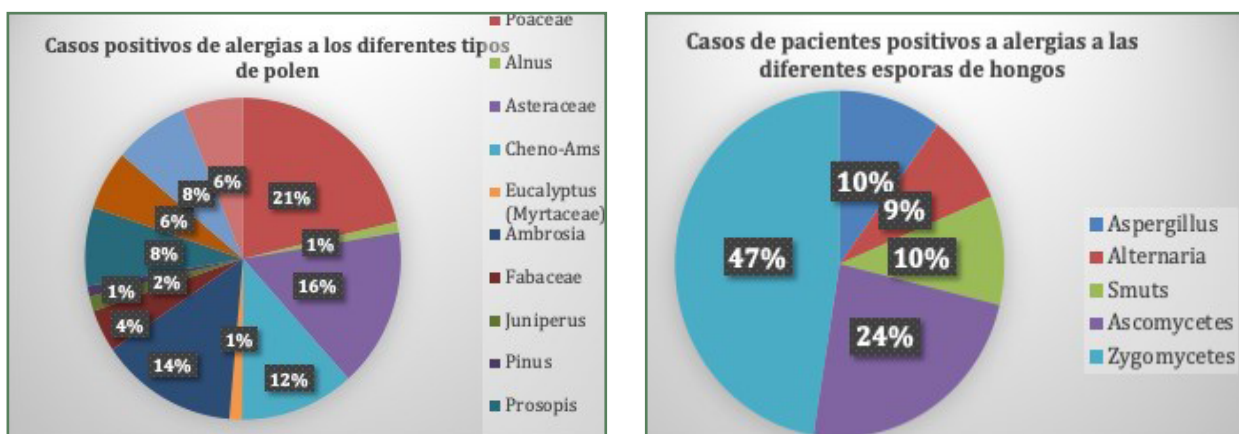


Figura 5. Sensibilidad alérgica según los diferentes tipos de polen y esporas de hongos por la población de Hermosillo, Sonora (Elaboración propia con base a datos proporcionados por el Hospital General Zona 2 del IMSS).

REFERENCIAS

- Duarte Tagles, H. (2021). Diagnóstico de salud ambiental del centro de la población de Hermosillo, Sonora: agua, aire, residuos y su efecto en la salud en el Hermosillo del siglo XXI (2000-2017). 10.47807/UNISON.20.
- Galán, C., A. Ariatti, M. Bonini, B. Clot, B. Crouzy, A. Dahl, D. Fernández-González, G. Frenguelli, R. Gehrig, S. Isard, E. Levetin, D. W. Li, P. Mandrioli, C. A. Rogers, M. Thibaudon, I. Sauliene, C. Skjoth, M. Smith y M. Sofiev. (2017). Recommended terminology for aerobiological studies. *Aerobiologia* 33: 293-285. doi:10.1007/s10453-017-9496-0
- Gay Garcia, C. Ortiz-Espejel, B., Munoz, N., Le Bail, M. (2015). Reporte Mexicano de Cambio Climático. Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación. Grupo II..INFONAVIT, SEDATU, ONU-Habitat. (2016). Índice básico de las ciudades prósperas / City Prosperity Index (CPI). Hermosillo, Sonora, México. Informe Final Municipal (107 pp).
- IMPLAN (2017). Programa de Desarrollo Metropolitano de Hermosillo (360 pp.). Instituto Municipal de Planeación Urbana, H. Ayuntamiento de Hermosillo. Gobierno del Estado de Sonora. Secretaría de Desarrollo Urbano y Territorial. Boletín Oficial del Estado CXCVIII, No. 22.
- IME, (2017). Informe de Resultados. Programa de Evaluación y Mejoramiento de la Calidad del Aire (PEMCA) de Hermosillo, Sonora. H. Ayuntamiento de Hermosillo.
- INFONAVIT, SEDATU, ONU-Habitat. (2016). Índice básico de las ciudades prósperas / City Prosperity Index (CPI). Hermosillo, Sonora, México. Informe Final Municipal (107 pp).
- IPCC (2021). Sixth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2021: The Physical Science Basis; IPCC: Geneva, Switzerland, 2021; Volume IPCC AR6 W.
- Lacey, M.E. y West, J.S (2006). *The Air Spora. A manual for catching and identifying airborne biological particles.* Springer 156 pp.
- López-Romero C, Huerta-Romero J, Frías-Mendivil M. 2017. Sensibilización a alérgenos en pacientes pediátricos mayores de 2 años en el Hospital Infantil del Estado de Sonora. *Bol Clin Hosp Infant Edo Son.* 34(2):90-96.
- Meza-Figueroa, D., González-Grijalva, B., Del Río-Salas, R., Coimbra, R., Ochoa-Landín, L., & Moreno-Rodríguez, V. (2016). Traffic signatures in suspended dust at pedestrian levels in semiarid zones: Implications for human exposures. *Atmospheric Environment*, 138, 4-14.
- OECD (2020) Ciudades del mundo Una nueva perspectiva sobre la urbanización. <https://www.oecd.org/cfe/Cities-in-the-world-Highlights-SPA.pdf>
- OMS (2021). Contaminación del aire ambiente exterior. Organización Mundial de la Salud recuperado de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- Ortega-Rosas, C.I., Enciso-Miranda C., Macias-Duarte A., Morales-Romero D., Villarruel-Sahagun L. (2020). Urban vegetation cover correlates with environmental variables in a desert city: insights of mitigation measures to climate change. *Urban Ecosystems*. <https://doi.org/10.1007/s11252-020-00982-8>.

- Ortega-Rosas, C.I., Calderón-Ezquerro M.C., Gutiérrez-Ruacho O.G. (2019). Fungal spores and pollen are correlated with meteorological variables: effects in human health at Hermosillo, Sonora, Mexico, *International Journal of Environmental Health Research*, <https://doi.org/10.1080/09603123.2019.1625031>
- Ortega-Rosas, C. I., D. Meza-Figueroa, J. R. Vidal-Solano, B. González-Grijalva y B. Schiavo. 2021. Association of airborne particulate matter with pollen, fungal spores, and allergic symptoms in an arid urbanized area. *Environmental Geochemistry and Health* 43: 1761–1782. doi: 10.1007/s10653-020-00752-7
- Ortega-Rosas C.I., Brito-Castillo, L., Gutiérrez-Ruacho, O.G. (2022). Estacionalidad de los aeroalérgenos en Hermosillo, Sonora durante el 2019 y su efecto en la salud poblacional, en Gonzalez-Sosa, E., Travieso-Bello A.C., Romo M.L. y Welsh C. (eds.), *Vulnerabilidad, resiliencia y riesgos emergentes en época de pandemia. Una visión desde REDESClim*. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Sofiev, M. y Bergmann K. (2013). *Allergenic pollen: A review of the production, release, distribution and health impacts*. Netherlands: Springer.

